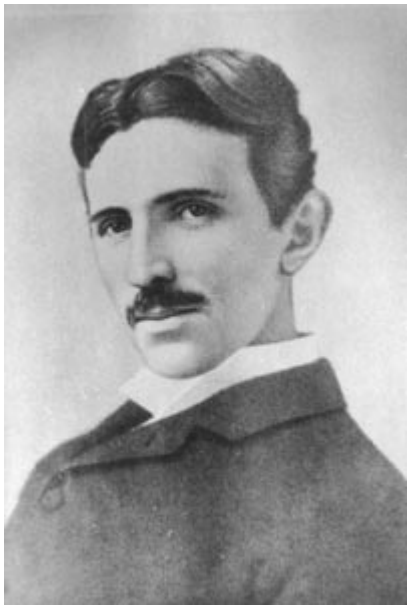
НИКОЛА ТЕСЛА: МОИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Предисловие профессора Велимира Абрамовича, Белград

Перевод с сербского Лины Поликарповой



Упоминание имени Николы Тесла сегодня в основном ассоциируется с изобретениями в области электро- и радиотехники и названием международной единицы магнитной индукции, обозначаемой Тл - в честь гениального ученого. Человек, описавший явление вращающегося магнитного поля, разработчик многофазных электрических машин и схем распределения многофазных токов, пионер в области высокочастотной техники и радиотелеавтоматики... Изобретатель, на открытиях которого воздвигнута энергетика XX века, десятилетиями в полном одиночестве корпел над проблемами научного объяснения космических процессов... И если его открытия широко известны и используются всем человечеством, то многие факты его жизни и необычного дарования ушли в забвение. Наиболее плодотворный период жизни ученый провел в Соединённых Штатах Америки, где и осуществил свои идеи. Им запатентовано свыше 300 изобретений во многих странах мира. Некоторые из них и сегодня считаются уникальными, как, например, "конвертор энергии космического излучения"; однако данное Теслой определение "космические лучи" сегодня означает нечто другое. ... Он родился в маленьком селении Смиляны в Лике в 1856 году. Его отец Милутин Тесла был православным сербским священником, а мать Георгина, по прозвищу Дьюка, происходила из знатной семьи Мидич.

Отец запрещал Николе учиться электротехнике, так как прочил сына в священники. Глубоко чувствуя жизненное призвание к электроинженерии и не смея ослушаться, Никола тяжело разболелся. Когда он находился почти при смерти и казалось, что мальчик уже не выживет, отец наконец принял желание сына. Словно чудом Никола быстро выздоровел, и с тех пор духовно он стал другим человеком, а интеллект его полностью и сознательно был предан науке.

Правда, Высшие курсы Технической школы в Граце Тесла так никогда и не закончил, а будучи еще "апсольвентом" (прослушавший весь курс лекций, но еще не защитивший диплом), начал получать предложения о службе. Он работал инженером в Будапеште, Страсбурге, Париже. А в 1882 году с рекомендательными письмами уехал в Америку, которая тогда слыла настоящим раем для изобретателей. В письме инженера Бачелора уже знаменитому Эдисону в числе прочих были и такие строки: "... Я знаю только

двух гениальных людей, и один из них - это Вы, а другой - это стоящий перед Вами молодой человек". Какой бы точной и искренней рекомендация ни была, она произвела противоположный эффект. И хотя Эдисон и устроил Теслу в свою электрокомпанию, всё же с самого начала он относился настороженно к чрезвычайно одаренному служащему. Вскоре их сотрудничество закончилось, и Тесла обособился, создав с помощью друзей собственную лабораторию и финансируя ее в основном с доходов от патентов. Так как Эдисон был сторонником постоянного тока, а Тесла - описанного им переменного, их взаимная нетерпимость вскоре переросла в настоящую войну. Эдисон сражался, не брезгуя никакими средствами и совершая публичные экзекуции над собаками и кошками с помощью так называемого электричества Теслы.

Вскоре с Теслой сблизился успешный делец Джордж Вестингауз - основатель и поныне известной компании "Вестингауз электрик". В начале 1890-х они осуществили строительство гидроэлектростанции на водопадах Ниагары, использовав 39 патентов Теслы.

Для того чтобы доказать, что переменный ток не опасен для жизни при определенной частоте колебаний, Тесла устраивает публичный и надолго запомнившийся эксперимент. Подключив самого себя в качестве сопротивления к цепи переменного тока высокой частоты, он достигает фантастического результата: производит электроразрядку собственного тела, в полной темноте вызвав свечение его: оно казалось охваченным языками желтовато-голубого пламени.

В 1892 году в Лондоне перед Британским Королевским научным собранием Тесла читает публичные лекции. Помимо вышеуказанного эксперимента, он также совершил и множество других, например, зажигал лампочку с помощью беспроводного переноса энергии. В сущности, он попросту ставил вакуумную трубку в поле своей спирали. Изумительными лекциями на тему "Свет и другие высокочастотные феномены" Никола Тесла в Англии снискал большой почет и обрел множество друзей, среди них были физики Уильям Крукс и лорд Кельвин.

С 1893 года он полностью уходит в проблемы радиотехники, телеуправления и беспроводного переноса энергии без потерь на большие расстояния. В 1899-1900 годах в специально построенной лаборатории в Колорадо-Спрингс, на высоте 2000 метров над уровнем моря, Тесла проводит ключевые опыты по беспроводному переносу энергии и информации на большие расстояния, с успехом экспериментирует с постоянными электромагнитными волнами и беспроводной передачей энергии, используя землю в качестве проводника тока.

После опытов в Колорадо в 1900-1901 годах Тесла в Лонг-Айленде под Нью-Йорком приступил к строительству всемирной передающей станции, которое так никогда и не закончил. Этот опыт, более известный как "Проект Уорлденклифф", финансировал американский стальной магнат Дж. П. Морган - личный друг Теслы.

Сущность этого проекта была изложена им в двенадцати пунктах, которые целиком предвосхитили базу технической и технологической сети, принятую

сегодня в мире телекоммуникаций. Он явился основой современных универсальных информационных систем. Своему финансисту Моргану Тесла загадочно писал: "То, что я задумал, господин Морган, не является простым, обычным передатчиком информации на большие расстояния без употребления проводов, а скорее преображение всего земного шара в чувствующее существо, каковым шар и является, могущее чувствовать во всех частях и через которое мысль сверкает, как сквозь мозг... "

Большинство авторов, в особенности биографы Теслы, обвиняли Моргана в том, что он приостановил выплату ему денежной помощи именно тогда, когда тот оказался в апогее своей научной силы, когда нужно было закончить и запустить в ход этот шедевр. Сам Тесла, однако, в своей автобиографии "Мои изобретения" пишет об этом совсем по-другому. "Несмотря на пересуды света, Морган выполнил все свои обязательства по отношению ко мне. Мой проект был отложен из-за естественных законов. Мир к нему еще не был подготовлен. Он оказался слишком впереди времени, в котором возник. Но те же самые естественные законы, в конце концов, преобладают, и проект будет повторен. Это будет триумфальным успехом".

В полной мере свой передатчик Тесла испробовал 15 июля 1903 года, ровно в полночь. Жители Нью-Йорка в ту ночь присутствовали на аттракционе, продемонстрировавшем мировое научное будущее. Ослепительно сверкающее пламя электрической плазмы диаметром в сотню миль соединило сферический купол установки с небом.

Под заголовком "Сверкания, производимые Теслой, пугают" и подзаголовком "Но он не желает нам поведать, в чем суть его опытов с установкой" газета "New York Sun" на следующий день объявила: "... соседи, живущие вблизи лаборатории Теслы в Лонг-Айленде, более чем заинтригованы его экспериментом с беспроводной передачей. Прошлой ночью мы оказались свидетелями необычного феномена, в том числе молний разных цветов, собственноручно воспроизводимых Теслой, затем воспламененных частей атмосферы на разных высотах на довольно большой поверхности, так что ночь превратилась в день... случалось, что и весь воздух на несколько минут наполнялся искрящимся электричеством, сосредоточенным на поверхности человеческих тел, так что все присутствующие светились жутковатым светло-голубым сиянием... а мы сами себе казались духами... "

В интервью, данном 17 июля 1903 года в уже поминавшейся "New York Sun", Тесла усугубляет загадку: "Люди, которые так поражались моим экспериментам двухдневной давности и которые в последние два года больше бодрствовали, чем спали, могли столкнуться с поистине невероятными вещами. Как-нибудь, но не сейчас, я объявлю о чем-то, что не было описано ни в одной сказке".

И после необычной ночи, когда он своими открытиями зажег не только небо над Нью-Йорком, но и над необъятным пространством Атлантического океана, Тесла в 1905 году внезапно, без видимой причины, покидает свою лабораторию, оставив внутри всё нетронутым. Насколько известно, он больше никогда не переступил её порога и никогда не заехал туда. И что еще удивительнее, он не

вынес оттуда абсолютно ничего: ни одного расчета, ни одного наброска или документа, ни малейшей бумажки...

В 1943 году он умер в одиночестве, в гостиничной комнате отеля "Нью-Йоркер"...

За свою долгую жизнь Никола Тесла написал более 60 статей, отличающихся и по форме, и по тематике. Среди автобиографических выделяется подборка материалов, опубликованных в 1919 году американским журналом "Electrical Experimenter" под заглавием "Мои изобретения". Они представляют единое целое, являясь автобиографией Теслы и драгоценным источником сведений о его исследованиях, его личности, характере, восприятии мира и человека. Именно поэтому они чрезвычайно ценны. Никола Тесла намеренно озаглавил автобиографию "Мои изобретения", так как он посвятил всю свою жизнь научным изысканиям, считая, что его изобретения и есть его жизнь. Автобиография Теслы является живым описанием внутренней жизни гения, которому довелось испытать радость жизни и трепет познания секретов природы. Это волнующий рассказ об исследователе и исследованиях, который Тесла преподнес читателям в виде "технических" описаний, не менее интересных, чем самый захватывающий роман.

Редакция журнала предлагает вниманию читателей главы из впервые осуществленного перевода автобиографии ученого. Шрифтовые выделения текста соответствуют имеющимся в авторском оригинале.

Глава 1. Моя юность

Для эволюции человека первостепенное значение имеет изобретательность. Это наиважнейший продукт его творческого ума. Высшей целью эволюции человека является полное господство сознания над материальным миром, использование сил природы для удовлетворения потребностей человека. В этом и состоит трудная задача изобретателя, часто непонятого и невознагражденного. Но это в полной мере компенсируется его удовольствием от проявления способностей и от сознания, что он является представителем того исключительного привилегированного класса, без которого человеческая раса уже давно бы исчезла в ожесточенной борьбе с безжалостными стихиями.

Что касается меня, я уже испытал эти острые удовольствия сверх всякой меры, такой меры, что в течение многих лет жизни мне постоянно не хватало радости.

Мне оказано доверие быть одним из самых упорных работников, возможно, я таковым и являюсь, если мысль есть эквивалент труда, так как я посвятил этому почти всё время бодрствования. Но если работой считать конкретный процесс в установленное время в соответствии с принятыми нормами, то я, вероятно, буду наихудшим из бездельников. Каждое усилие, совершаемое по принуждению извне, требует жертвы жизненной энергии. Я никогда не платил такую цену. Напротив, я черпал успех из своих мыслей.

Пытаясь составить связный и точный перечень своих занятий в этой серии статей, которые при поддержке редакторов журнала "Electrical Experimenter" будут представлены и адресованы главным образом молодым читателям, я должен подробно, хотя и неохотно, описать впечатления своей юности и обстоятельства и события, которые сыграли свою роль в определении моей карьеры.

Наши первые устремления - в чистом виде инстинкты, побуждения пылкого и необученного воображения. По мере взросления разум проявляет себя, и мы становимся всё более и более внутренне собранными и начинаем планировать. Но те ранние импульсы, пусть и не отличающиеся непосредственной результативностью, имеют важнейшее значение и могут сформировать наши истинные судьбы. В самом деле, сейчас я чувствую, что если бы я понимал и ценил, а не сдерживал их, я бы существенно увеличил ценность того, что я оставил миру. Но пока я не достиг зрелого возраста, я не осознал, что я изобретатель.

Тому было несколько причин. Во-первых, у меня был брат, необычайно одаренный, один из тех редких людей, феноменальный склад ума которых невозможно объяснить биологическими исследованиями. Его преждевременная смерть оставила моих родителей в неутешном горе.

У нас жила лошадь, подаренная близким другом. Это было изумительное животное арабских кровей, обладавшее почти человеческой понятливостью, о котором заботилась и которое холила вся семья и которое при удивительных обстоятельствах спасло жизнь моего отца. Однажды зимней ночью моего отца вызвали для исполнения неотложных обязанностей, и когда он ехал на лошади в горах, кишевших волками, лошадь испугалась и понесла, жестоким образом сбросив его на землю. Она пришла домой обессиленная, в крови, но как только была поднята тревога, немедленно помчалась обратно к тому месту, и прежде чем люди из поисковой группы дошли до места, они встретили моего отца, который, придя в сознание, снова сел на лошадь, не ведая, что пролежал на снегу несколько часов. На этой лошади лежит ответственность за раны моего брата, от которых тот умер. Я был свидетелем этой трагической сцены, и хотя с тех пор миновало пятьдесят шесть лет, мое зрительное впечатление от этого ни на йоту не утратило своей силы. Воспоминание о его достижениях заставляет воспринимать все мои старания как нечто неинтересное.

Любые мои действия, достойные похвалы, вызывали у моих родителей лишь обостренное чувство потери. Поэтому я рос, не испытывая большой уверенности в себе. Но я был далек от того, чтобы прослыть бестолковым мальчиком, если об этом можно судить по одному случаю, который я всё еще живо помню. Однажды по улице, где я играл с мальчиками, проходили Олдерманы, старший из этих почтенных состоятельных джентльменов задержался, чтобы дать каждому из нас по серебряной монетке. Приблизившись ко мне, он остановился и скомандовал: "Посмотри мне в глаза". Я поймал его пристальный взгляд, при этом моя рука уже потянулась, чтобы получить желанную монету, когда, к моему ужасу, он сказал: "Нет, хватит, ты от меня ничего не получишь, ты слишком смышленый".

Обо мне, бывало, рассказывали забавную историю. У меня были две тети. Обе старые, с морщинистыми лицами. У одной из них изо рта выступали два зуба, подобно бивням слона, которые она всякий раз вонзала в мою щеку при поцелуе. Ничто меня не страшило больше, чем перспектива попасть в объятия этих родственниц, таких любящих и таких непривлекательных. Случилось так, что, когда я был на руках у мамы, они спросили меня, которая из них привлекательнее. После внимательного изучения их лиц я, указав на одну из них, глубокомысленно ответил: "Вот эта не такая противная, как та".

И еще одно. С самого моего рождения было решено, что я стану священником, и эта мысль постоянно меня угнетала. Я очень хотел быть инженером, но мой отец оставался непреклонен. Он был сыном офицера, служившего в армии великого Наполеона, и вместе со своим братом, профессором математики в крупном учебном заведении, получил военное образование, но позднее, что довольно необычно, стал священником и на этом поприще достиг высокого положения. Он был очень эрудированным человеком, истинным естествоиспытателем, поэтом и писателем, а о его проповедях говорили, что они столь же проникновенны, как проповеди Авраама в Sancta-Clara. Он обладал удивительной памятью и часто читал наизусть, не пропуская ни слова, из сочинений на разных языках. Он иногда шутил, что если бы некоторые классические произведения были утрачены, он мог бы восстановить их. Стиль его письма вызывал восхищение. Он писал короткими и выразительными предложениями, был остроумен и ироничен. Его забавные высказывания всегда отличались своеобразностью и меткостью. Чтобы проиллюстрировать это, я могу привести несколько примеров. На нашей ферме был в работниках косоглазый человек по имени Mane. Однажды он колол дрова. Когда он поднял топор, мой отец, стоявший рядом, почувствовал себя очень неуютно и предостерег его: "Ради Бога, Mane, руби не то, на что смотришь, а то, что ты собирался рубить".

Однажды он пригласил на автомобильную прогулку своего друга, который беспечно позволил своему дорогому меховому пальто тереться о колесо экипажа. Мой отец обратил его внимание на это, сказав: "Втащите свое пальто внутрь, вы портите мою машину". У него была странная привычка разговаривать с самим собой, он часто вел оживленные беседы на разные голоса и предавался жарким спорам. Случайный слушатель мог бы поклясться, что в комнате находилось несколько людей.

Хотя свойственная мне изобретательность должна восходить к влиянию моей матери, его воспитание, безусловно, было полезным. Оно включало в себя всякого рода упражнения - такие, как угадывание мыслей друг друга, нахождение несовершенства какой-либо формы или оборота речи, повторение длинных предложений или вычисления в уме. Эти ежедневные уроки имели целью укрепить память и развивать умственные способности, и особенно критичность ума, и, без сомнения, очень благотворно на меня повлияли.

Моя мать происходила из старинного рода потомственных изобретателей, одного из древнейших в стране. Ее отец и дед придумали многочисленные приспособления для дома, фермы и для других применений. Она была,

поистине, замечательной женщиной редких умений, смелости и силы духа, которая храбро встречала жизненные бури и прошла через многие тяжкие испытания. Когда ей исполнилось шестнадцать лет, страшная эпидемия охватила страну. Ее отца вызвали к умирающим для совершения обряда последнего причастия, и пока он отсутствовал, она сама пошла помогать в дом по соседству, где всю семью поразила страшная болезнь. Все члены семьи, их было пятеро, вскоре умерли один за другим. Она обмыла, одела и положила тела, украсив их по обычаю страны цветами, и когда возвратился отец, он убедился, что всё готово для похорон по христианскому обряду.

Моя мать была изобретателем по призванию и достигла бы, я полагаю, замечательных высот, не будь она так далека от современной ей жизни с ее благоприятными возможностями. Она изобретала и создавала всевозможные инструменты и приспособления и ткала тончайшие узоры из нитей, спряденных ей самой. Она даже высевала семена и выращивала растения и сама извлекала волокно. Она без устали трудилась с рассвета до поздней ночи, и большая часть одежды и обстановки в доме сделана ее руками. Когда ей было за шестьдесят, ее пальцы двигались достаточно проворно, чтобы **в мгновение ока завязать три узелка.**

Имелась и другая, еще более важная причина моего позднего пробуждения. В годы отрочества я страдал от необычного бедствия по причине видений, являвшихся мне зачастую в сопровождении ярких вспышек света, которые искажали вид реальных предметов и мешали думать и действовать. Это были изображения предметов и сцены, которые я раньше действительно видел, но мне никогда не виделось то, что я воображал. Когда мне говорили слово - название какого-либо предмета, его образ живо представал перед моим взором, и иногда я был совершенно не в состоянии определить, являлось ли то, что я видел, материальным или нет. Это вызывало у меня сильное чувство дискомфорта и страха. Никто из ученых психологов или физиологов, с которыми я консультировался, не смог дать удовлетворительное объяснение этим необычным явлениям. Они кажутся уникальными, хотя я, вероятно, был предрасположен к этому, поскольку знаю, что мой брат испытывал такие же неприятности.

Сформулированная мной теория объясняет видения как результат отраженного от мозга сигнала на сетчатку глаза под влиянием сильного возбуждения. Они определенно не были галлюцинациями, порожденными нездоровым и мучимым болью сознанием, ибо в других отношениях я был нормальным и спокойным. Чтобы понять мои страдания, представьте, что я присутствовал на похоронах или на другом мучительном зрелище. Затем, неминуемо, в тишине ночи яркая картина этой сцены проявлялась перед моими глазами и застывала, несмотря на все мои усилия прогнать ее. Иногда она даже оставалась зафиксированной в пространстве, хотя я пронизывал видение рукой.

Если мое объяснение верно, то вполне возможно спроецировать на экран изображение любого задуманного объекта и сделать его видимым. Такой прогресс произведет переворот во всех человеческих сферах. Я убежден, что это чудо возможно, и оно произойдет в будущем; могу добавить, что я посвятил

много раздумий решению проблемы.

Чтобы освободиться от этих мучительных явлений, я пытался сконцентрировать свои мысли на чем-нибудь другом, виденном мною раньше, и, поступая таким образом, я часто добивался временного облегчения; но для этого мне приходилось постоянно вызывать в воображении новые образы. Прошло немного времени, как я обнаружил, что я исчерпал имевшийся в моем распоряжении запас; моя "катушка", как говорится, быстро прокрутилась, потому что я мало что видел в мире - только предметы домашнего обихода и ближайшего окружения.

Пока я проводил эти мысленные операции во второй или в третий раз, чтобы изгнать видения из поля моего зрения, это лекарство постепенно теряло свою силу. Тогда я подсознательно начал совершать экскурсии за пределы мирка, который я знал, и увидел новые пейзажи. Сначала они были расплывчатыми и мутными и таяли, когда я пытался сосредоточить на них свое внимание, но постепенно я преуспел в своих попытках зафиксировать их; они приобрели яркость и отчетливость и в конце концов приняли форму реальных предметов. Вскоре я сделал для себя открытие, что наилучшего состояния я достигал, если я просто продолжал двигаться по видеоряду всё дальше и дальше, получая всё время новые впечатления, и таким образом я начал путешествовать - мысленно, конечно. Еженощно (а иногда днем), когда я был один, я отправлялся в свои путешествия: видел новые места, города и страны, жил там, знакомился с людьми, заводил друзей и знакомых, и хотя невероятно, но это факт: они были мне так же дороги, как и те, что были в реальной жизни, и ни на йоту менее яркими в своих проявлениях.

Этим я постоянно занимался лет до семнадцати, когда мои мысли серьезным образом настроились на изобретательство. Тогда я, к своему удовольствию, увидел, что я с величайшей легкостью мог видеть внутренним зрением. Мне не нужны были модели, чертежи или опыты. Я мог столь же реально представлять всё это в мыслях.

Таким образом, я, не осознавая этого, подошел к развитию, как я считал, нового метода материализации изобретательских концепций и идей, который радикально отличается от чисто экспериментального и является, по моему мнению, куда более быстрым и действенным. В тот момент, когда изобретатель конструирует какое-либо устройство, чтобы осуществить незрелую идею, он неизбежно оказывается в полной власти своих мыслей о деталях и несовершенствах механизма. Пока он занимается исправлениями и переделками, он отвлекается, и из его поля зрения уходит важнейшая идея, заложенная первоначально. Результат может быть достигнут, но всегда ценой потери качества.

Мой метод иной. Я не спешу приступить к практической работе. Когда у меня рождается идея, я сразу же начинаю развивать ее в своем воображении. Я меняю конструкцию, вношу улучшения и мысленно привожу механизм в движение. Для меня абсолютно неважно, управляю я своей турбиной в мыслях или испытываю ее в мастерской. **Я даже замечаю, что нарушилась ее**

балансировка. Не имеет никакого значения тип механизма, результат будет тот же. Таким образом, я могу быстро развивать и совершенствовать концепцию, не прикасаясь ни к чему.

Когда учтены все возможные и мыслимые усовершенствования изобретения и не видно никаких слабых мест, я придаю этому конечному продукту моей мыслительной деятельности конкретную форму. Изобретенное мной устройство неизменно работает так, как, по моим представлениям, ему надлежит работать, и опыт проходит точно так, как я планировал. За двадцать лет не было ни одного исключения. Почему должно быть по-другому? Инженерной работе в области электричества и механики свойственны точные результаты. Едва ли существует объект, который невозможно представить математически, и последствия, которые нельзя просчитать, или результаты, которые невозможно определить заранее, исходя из доступных теоретических и практических сведений. Осуществление на практике незрелой идеи, как это делается в большинстве случаев, является, считаю, не чем иным, как пустой тратой энергии, денег и времени.

Однако мои первые огорчения были вознаграждены иным образом. Непрерывная работа мысли способствовала развитию моих наблюдательных способностей и дала мне возможность познать истину огромной важности. Я замечал, что появлению мыслеобразов всегда предшествовали реальные картины, увиденные при определенных и, как правило, исключительных условиях, и каждый раз мне приходилось определять местонахождение первоисточника. Через некоторое время это стало происходить без усилия, почти автоматически, и я обрел необыкновенную легкость в увязывании причины и следствия. Вскоре я к своему удивлению осознал, что всякая мысль, зарождавшаяся у меня, подсказывалась впечатлением извне. Не только эти, но все мои поступки были внушены подобным образом. С течением времени для меня стало совершенно очевидным, что я был просто **автоматом**, наделенным способностью к движению, реагирующим на сигналы органов и мыслящим и действующим соответственно. На практике это вылилось в искусство **автоматической передачи изображения** на расстояние, которое до сих пор проявлялось лишь несовершенным образом. Однако его скрытые возможности будут, в конце концов, явлены. В течение ряда лет я работаю над созданием самоуправляемого автомата и верю в возможность создания механизмов, которые будут действовать подобно ограниченно разумным существам и произведут революцию во многих областях коммерции и промышленности.

Мне было около двенадцати лет, когда я, приложив усилия, впервые успешно изгнал видение, но я никогда не управлял вспышками света, о которых говорил. Вероятно, они являлись моим самым удивительным и необъяснимым опытом. Обычно вспышки возникали, когда я оказывался в опасной или мучительной ситуации или сверх меры радостно возбуждался. В некоторых случаях я видел языки пламени в окружавшем меня пространстве. Их интенсивность отнюдь не ослабевала, но возрастала со временем и, по-видимому, достигла максимума, когда мне было около двадцати пяти лет.

В 1883 году в Париже крупный французский фабрикант пригласил меня на

охоту, и я принял его приглашение. Я долгое время неотлучно находился на заводе, и свежий воздух чудесным образом вдохнул в меня силы. Когда я вечером вернулся в город, то ощутил, что мой мозг в полном смысле слова охвачен огнем. Я видел свет, как если бы в моем мозгу находилось маленькое солнце, и провел всю ночь, прикладывая холодные компрессы к испытывавшей муки голове. В конце концов, вспышки стали слабее и реже, но прошло более трех недель, прежде чем они полностью угасли. Когда мне передали второе приглашение, моим ответом было решительное НЕТ!

Эти световые явления всё еще появляются время от времени, например, когда меня осеняет идея, открывающая новые возможности, но они уже не такие яркие, больше не вызывают волнений. Когда я закрываю глаза, то неизменно вижу сначала глубокую однородную синеву, очень темную, подобную небу в ясную, но беззвездную ночь. Через несколько секунд это пространство оживает сверканием бесчисленных искр, расположенных рядами и надвигающихся на меня. Затем справа появляется красивый узор из двух расположенных под прямым углом систем, каждая из которых состоит из двух параллельных линий, одна близ другой, разноцветных, с преобладанием желто-зеленого и золотого. Затем сразу же линии становятся ярче, и всё поле начинает искриться мерцающим светом. Эта картина медленно пересекает всё видимое поле и секунд через десять уходит влево и исчезает, оставляя за собой довольно неприятный неподвижный фон серого цвета, который вскоре уступает место волнующемуся морю облаков, пытающихся, как кажется, принять форму живых существ. Любопытно, что я не могу спроецировать какую-либо форму на этот серый фон до тех пор, пока не наступит вторая фаза. Каждый раз, перед тем как заснуть, я вижу бесшумно проплывающие передо мной образы людей и предметов. Когда я их вижу, то знаю, что скоро перестану ощущать окружающее. Если они отсутствуют и отказываются появляться, это означает бессонную ночь.

Насколько большую роль играло воображение в годы моей юности, я могу проиллюстрировать еще на одном необычном опыте. Подобно большинству детей я любил прыгать и проявлял большое желание удержаться в воздухе. Время от времени с гор дул сильный, щедро насыщенный кислородом ветер, подхватывавший мое тело, легкое, как пушинка, и тогда я воспарял и долго плавал в пространстве. Это было восхитительное ощущение, и острым было мое разочарование, когда я потом освобождался от иллюзии.

В то время я приобрел много необычных пристрастий, предубеждений и привычек; возникновение некоторых из них я могу объяснить воздействием внешних впечатлений, в то время как другие необъяснимы. У меня было жгучее отвращение к женским серьгам, но другие украшения, например браслеты, нравились больше или меньше в зависимости от дизайна. Вид жемчужины почти оскорблял меня, но сверкание кристаллов или предметов с острыми гранями и гладкими поверхностями зачаровывало меня. Я никогда бы не дотронулся до волос другого человека, разве что под дулом пистолета. Меня бросало в жар при взгляде на персик, а если где-нибудь в доме находился кусочек камфоры, это вызывало у меня сильнейшее ощущение дискомфорта. Даже сейчас я не могу не воспринимать некоторые из этих выводящих из равновесия импульсов. Когда я бросаю маленькие бумажные квадратики в сосуд с жидкостью, я всегда

ощущаю во рту специфический и ужасный вкус.

Я считал шаги во время прогулок и высчитывал в кубических мерах объем суповых тарелок, кофейных чашек и кусочков пищи - иными словами, моя трапеза не доставляла мне удовольствия. Всем моим регулярно выполняемым действиям и процедурам надлежало делиться на три, и если я терпел неудачу, я чувствовал себя обязанным проделать это снова, даже если это отнимало не один час.

До восьми лет я отличался слабым и нерешительным характером. Мне не хватало ни храбрости, ни сил для твердых решений. Мои чувства накатывались на меня как волны и всегда доходили до крайних проявлений. Мои желания проявлялись с расточительной силой и были подобны головам гидры, они множились. Меня угнетали мысли о страданиях жизни и смерти и религиозный страх. Мной управляли суеверия, и я жил в постоянной боязни злых духов, привидений, великанов-людоедов и других чудовищ темного мира. Затем совершенно внезапно произошло потрясающее изменение, которое направило течение всей моей жизни по другому руслу.

Больше всего я любил книги. У моего отца была большая библиотека, и всякий раз, когда мне удавалось, я старался удовлетворить свою страсть к чтению. Он не разрешал мне этого и приходил в ярость, когда заставал меня на месте преступления. Он спрятал свечи, когда обнаружил, что я читаю тайком. Он не хотел, чтобы я испортил себе зрение. Но я раздобыл свечное сало, сделал фитиль и отлил свечки в оловянные формы, и каждую ночь я безжалостно эксплуатировал замочную скважину и читал, часто до рассвета, когда все спали, а моя мать начинала свою трудную ежедневную работу.

Однажды я случайно наткнулся на сербский перевод романа "Сын Абы", автором которого был Джосика, известный венгерский писатель. Это произведение каким-то образом разбудило мои дремлющие волевые качества, и я стал учиться самоконтролю. Сначала мои решения таяли, как снег в апреле, но через некоторое время я преодолел свою слабость и испытал удовольствие, какого никогда раньше не знал, - делать то, что хочется. С течением времени это волевое умственное упражнение стало второй натурой. Сначала мне приходилось бороться со своими желаниями, но постепенно желание стало совпадать с волевым устремлением. После нескольких лет тренировок я добился такой полной власти над собой, что играючи справлялся со страстями, которые и для самых сильных людей означали погибель.

Одно время я испытывал маниакальное пристрастие к азартным играм, что очень волновало моих родителей. Для меня было высшим удовольствием сидеть за карточной игрой. Мой отец вел примерную жизнь и не мог простить бессмысленную трату времени и денег, в чем я давал себе полную волю. Я был полон решимости, но моя философия была слаба. Я обычно говорил ему: "Я могу остановиться, когда мне будет угодно, но стоит ли тратить время на отказ от того, что доставляет райские удовольствия?" Часто случалось, что отец давал выход своему гневу и презрению, но моя мать была другой. Она понимала природу людей и знала, что спасение может прийти

к человеку, если только он сам приложит усилия. Я помню день, когда проиграл все свои деньги и умолял дать мне сыграть еще. Она пришла ко мне с пачкой векселей и сказала: "Иди и получи удовольствие. Чем скорее ты проиграешь всё, тем лучше. Я знаю, ты переболеешь этим". Она была права. В тот день и в той игре я победил свою страсть и лишь сожалел, что она не была в сто раз сильнее. Я не только подавил, но вырвал ее из своего сердца, чтобы не оставалось даже следа желания. С тех пор всякого рода азартные игры стали столь же малоинтересны для меня, как ковыряние в зубах.

Одно время я чрезмерно курил, что грозило разрушением моему здоровью. Тогда о себе заявила моя воля, и я не только перестал курить, но подавил всякое влечение. Когда-то давно я страдал от заболевания сердца, пока не обнаружил, что его причина - невинная чашечка кофе, которую я выпивал каждое утро. Я прекратил сразу же, хотя, признаюсь, это была нелегкая задача. Таким образом, я проверял и обуздывал другие привычки и страсти и не только сохранил свою жизнь, но и получил огромное удовлетворение от того, что большинство людей считают лишением или жертвой.

После окончания учебы в Политехническом институте и в университете у меня было полное нервное расстройство, и пока длилась болезнь, я наблюдал многие явления, удивительные и невероятные...

НИКОЛА ТЕСЛА

ЛЕКЦИИ * СТАТЬИ

Tesla Print
Москва
2003

Посвящение к Белградскому изданию 1956 г.:

Югославский Национальный Комитет по Празднованию Столетия со Дня Рождения Николы Теслы и Музей Николы Теслы в Белграде считают публикацию научных трудов Николы Теслы почетной обязанностью по отношению к великому ученому и изобретателю, науке и человечеству. И выполнить ее оказалось намного легче благодаря тому счастливому обстоятельству, что в соответствии с волей Теслы все его труды были собраны в Музее Николы Теслы в Белграде. К сожалению, в нашем распоряжении не было одной части документов Николы Теслы, той, которая касается первого периода его творческой активности, которая была утеряна, когда его лаборатория погибла в огне. Большая часть документов, которые есть в нашем распоряжении, еще не изучена. Отобранные для настоящей публикации документы печатаются не только как яркое доказательство важной научной работы Теслы, которая составляет фундамент современной электротехники, но они также служат отчетливым указателем для нынешнего и будущих поколений изобретателей во всех областях науки и техники, где Никола Тесла достиг столь великих результатов.

Президент
Югославскою Национального Комитета
по Празднованию Столетия
со Дня Рождения Николы Теслы

Родолюб Голякович

ПРЕДИСЛОВИЕ к Белградскому изданию*

Никола Тесла родился в Смилянах, Провинция Лика, в Югославии 10 Июля 1856 г. С 1862 по 1874 он посещал начальную и средняя школу в Смиляне и Госпице, и высшую школу в Карловах. С 1875 по 1878 он обучался в Передовой Технической Школе в Граце и закончил свое обучение в Университете в Праге в **1880.**

С 1876 года, будучи студентом в Граце, Тесла заинтересовался созданием мотора без коллектора. В Феврале 1882, в Будапеште, он открыл принцип вращающегося магнитного поля. В 1883, в Страсбурге, он сделал первые модели индукционных моторов. На следующий год Тесла уехал в Соединенные Штаты Америки, где в течение короткого времени работал в Лаборатории Эдисона. Позднее, в 1885, он основал в Нью-Йорке предприятие "Tesla Arc Light Company". После основания компании "Tesla Electric Company" в 1887 Тесла смог получить необходимые финансовые и материальные ресурсы, которые требовались для реализации его изобретения полифазной системы передачи энергии и для индукционных моторов высокой эффективности.

После получения первоначальных патентов на асинхронный мотор и полифазную систему для передачи электрической энергии 12 Октября 1887, Тесла получил за период с 1887 по 1891 следующий ряд из 40 патентов в той же области. Полифазная система передачи энергии была применена в 1891 в гидроэлектростанции на Ниагарском Водопаде, первые три агрегата которой начали работать в 1896 с совокупной мощностью в **15,000** лошадиных сил.

Во второй половине 1890 Тесла начал работу в области токов высокой частоты, построив машины генераторы с частотой до приблизительно 30 кГц. **В 1891** он изобрел трансформатор для получения токов высокой частоты и высокого напряжения, который позднее стал известен как "трансформатор Теслы". Тесла изложил результаты, достигнутые в области токов высокой частоты, в своих известных лекциях, которые он прочел за период между 1891 и 1893 годами. Работа в этой области была временно прервана из-за пожара в лаборатории Теслы 13 Марта 1895.

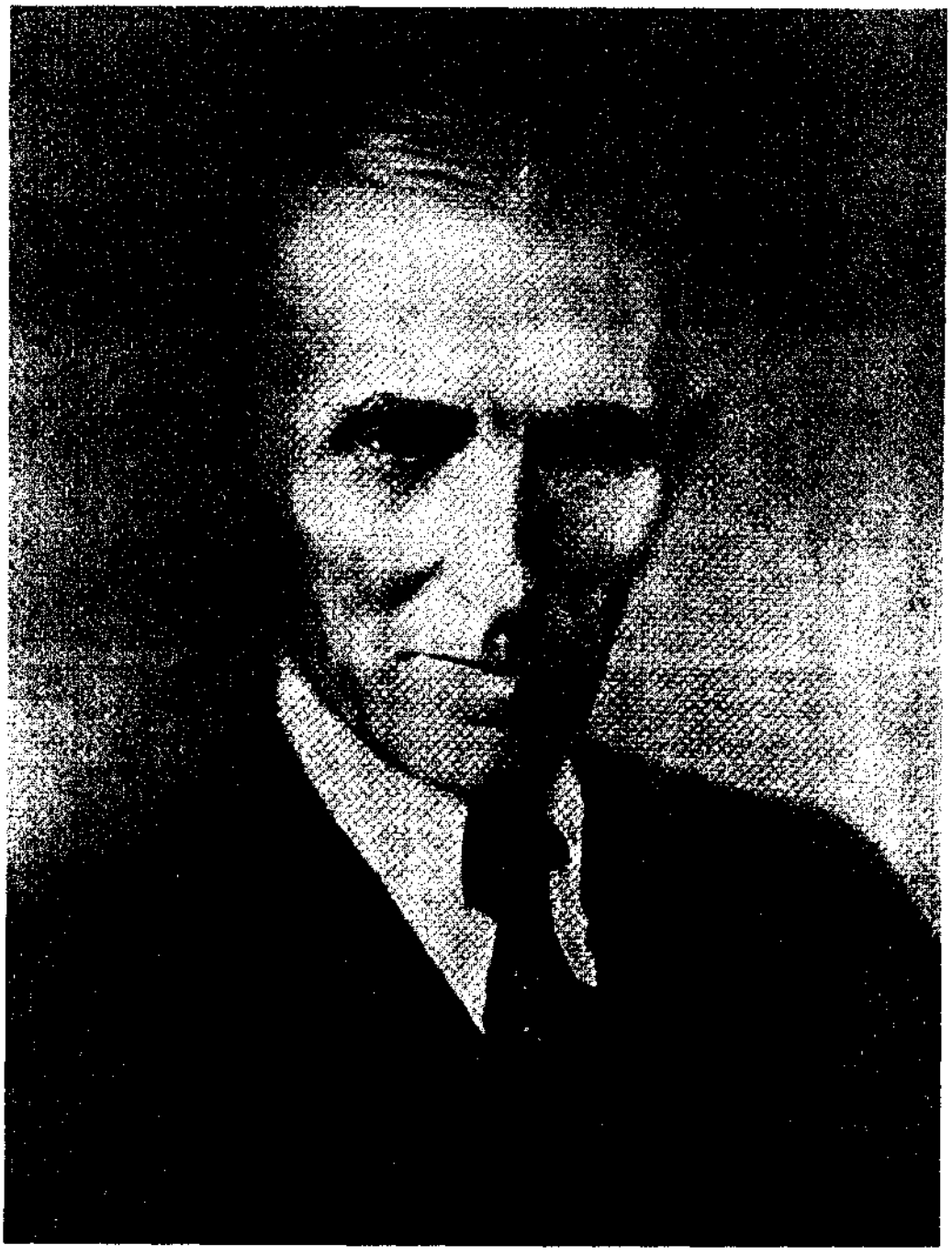
После постройки новой лаборатории в **1896** Тесла вновь возобновил свою работу, и с 1896 по 1914 он опубликовал ряд новых изобретений, которые положили начало современной радиотехнике. Особенно важно было открытие четырех резонансных цепей, лежащих в основе радиопередачи. Создание в течение 1899 большой радиостанции на **200** кВт в Колорадо позволило Тесле применить принципы и идеи, выдвинутые в его лекциях в 1892 и 1893.

Весной 1898 Тесла построил радио-управляемую модель корабля, и 1 Июля 1898 получил патент, относящийся к управлению на расстоянии посредством радио движущихся судов и транспортных средств. Этим изобретением он заложил основу беспроводной телемеханики. Он представил результаты своей работы в статье, озаглавленной "Проблема Увеличения Человеческой Энергии", опубликованной в Июне **1900.**

Тесла с его чрезвычайно важными открытиями и изобретениями занимает одно из выдающихся мест в истории современной науки и техники. За свои научные достижения Никола Тесла получил заслуженное и почетное признание многих известных научных

---

* В настоящее издание не вошла составляющая около половины объема оригинальной книги часть «Патенты», представляющая, безусловно, большой интерес, ввиду чрезвычайной трудоемкости приведения переводов патентов того времени к понятному виду для современного читателя. Возможно, она будет издана позднее, пока же мы можем лишь отослать заинтересованного читателя к оригиналу, (прим. изд.)



Nikola Tesla

организаций и знаменитых ученых во всем мире. Докторская степень была присвоена ему университетами:

Сорбонны (Париж), Колумбии, Вены, Праги, Белграда, Загреба, Иеля, Небраски, Гренобля, Брно, Бухареста, Граца, Софии, и др.

7 Января 1943 он умер в Нью-Йорке, где провел самый долгий период своей жизни.

Цель этой книги - познакомить читателя с наиболее важными работами Николы Теслы во многих областях науки, которой он посвятил себя. Тесла обнародовал свои изобретения в лекциях, прочитанных во многих научных организациях, получал на свои многочисленные изобретения патенты, и писал статьи в различных газетах и журналах. И следуя ему, книга состоит из трех частей: лекции, патенты и статьи.

Первая часть книги содержит в хронологическом порядке пять из наиболее важных лекций Николы Теслы. Самая важная - классическая лекция: "Новая Система Трансформаторов и Моторов Переменного Тока", прочитана перед AIEE (Американским Обществом Инженеров Электротехников - The American Institute of Electrical Engineers) 16 Мая 1888, в которой Тесла объяснил принципы его знаменитого индукционного мотора. Другая важная лекция, включенная в эту книгу, это "Эксперименты с Переменными Токами Очень Высокой Частоты и Их Применение к Методам Искусственного Освещения", прочитанная перед AIEE 20 Мая 1891. "Эксперименты с Переменными Токами Очень Высокой Частоты", прочитанная для Общества Инженеров Электротехников и Королевским Обществом в Лондоне в Феврале 1892, соответственно, 3, 4 и 19 числа. "О Свете и Других Явлениях Высокой Частоты, прочитанная перед Институтом Франклина, Филадельфия, 24 Февраля 1893, и еще раз, перед Национальной Ассоциацией Электрического Света, Сент Луис, в Марте того же года. В этих лекциях Тесла рассказывал о своих достижениях в области высоких частот и высоких напряжений. Эта часть книги заканчивается лекцией "Высокочастотные Осцилляторы для Электро-Терапевтических и Других Целей", прочитанная перед Американской Электро-Терапевтической Ассоциацией в Буффало, 13 Сентября **1898.**

Вторая часть этой книги посвящена патентам Николы Теслы, избранными из множества патентов, зарегистрированных в Патентном Ведомстве Соединенных Штатов Америки. Эти патенты разбиты на группы, каждая из групп упорядочена в порядке регистрации. В первой группе собрано 25 патентов на электрические моторы и генераторы, вторая группа содержит 9 патентов на передачу электрической энергии. Затем следуют группа из 6 патентов на решение определенных проблем освещения. Затем 17 патентов на контроллеры и высокочастотные устройства, и группа из 12 патентов из области радио-техники. После ряда важных патентов на радио-управление и группы из 5 патентов на турбины и аналогичные устройства, эта часть книги завершается группой из **11** патентов на решение различных проблем, вызывавших интерес Теслы.

Третья часть этой книги, содержащая избранные научные и технические статьи Николы Теслы, также поделена на группы. Статьи Теслы представлены в порядке их публикации. Первая группа из 17 статей относится к работе Теслы в области Рентгеновских лучей, осциллятора Теслы, токов высокой частоты, электрических машин, электрического разряда в трубках, и заканчивается статьей о телефотографии. Вторая группа этой части состоит из 8 статей, касающихся воззрения Теслы на мир и его мнений о будущем электричества, где он обсуждает как технические, так и общие проблемы, представляющие интерес для человечества. Эта часть оканчивается собственным биографическим очерком Теслы.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИИ

1. Новая Система Трансформаторов и Моторов Переменного Тока. L-1
   Лекция прочитана перед AIEE 16 Мая 1888.

2. Эксперименты с Переменными Токами Очень Высокой Частоты и Их Применение к Методам Искусственного Освещения. L-15
   Лекция прочитана перед AIEE 16 Мая 1888.

3. Эксперименты с Переменными Токами Очень Высокой Частоты. L-48
   Лекция прочитана перед AIEE 16 Мая 1888.

4. О Свете и Других Явлениях Высокой Частоты. L-107
   Лекция прочитана перед Институтом Франклина, Филадельфия, в Феврале 1893, и перед Национальной Ассоциацией Электрического Света, Сент Луис, в Марте 1893.

5. Высокочастотные Осцилляторы для Электро-Терапевтических и Других Целей. L-I56
   Лекция прочитана перед Американской Электро-Терапевтической Ассоциацией, Буффало, 13 Сентября 1898.

СТАТЬИ

/ *НАУЧНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАТЬИ*

1. Явления Переменных Токов Очень Высокой Частоты. A-3
   (The El. World, Febr. 21, 1891).

2. Электролитические Часы. A-12
   (The El. Engineer, May 6, 1891).

3. Приборы Электростатической Генерации Переменного Тока А-14
(The El. Engineer, May 6, 1891).

4. Электрический Разряд Вакуумных Трубках А-16
(The El. Engineer, July 1, 1891).

5. Заметки об Униполярном Динамо А-22
(The El. Engineer, Sept. 2, 1891).

6. О Рентгеновских Лучах А-27
(El. Rev. March. 11, 1896).

7. Об Отраженных Рентгеновских Лучах А-34
(El. Rev. April 1, 1896).

8. О Рентгеновских Излучениях А-39
(El. Rev. April 8, 1896).

9. Исследования Рентгеновского Луча А-43
(El. Rev. April 22, 1896).

10. Интересное Свойство Излучений Х-Лучей А-49
(El. Rev. July 8,1896).

11. Рентгеновские Лучи или Потоки А-51
(El. Rev. August 12, 1896).

12. О Рентгеновских Потоках А-56
(El. Rev. December 1, 1896).

13. О Вредоносных Воздействиях Трубок Ленарда и Рентгена А-62
(El. Rev. May 5, 1897).

14. Об Источнике Рентгеновских Лучей, и Практической
Конструкции и Безопасной Работе Трубок Ленарда Л-69
(El. Rev. August 11, 1897).

15. О Прерывателях Тока А-76
(El. Rev. March 15, 1899).

16. Электрические Осцилляторы А-78
(El. Experimenter, July 1919).

17. Достижения в Практике и Искусстве Телефотографии А-94
(El. Rev. Dec. 11, 1920).

// СТАТЬИ О НЕКОТОРЫХ ОБЩИХ ВОПРОСАХ

1. Об Электричестве А-101
(El. Rev. Jan. 27, 1897).

2. Проблема Увеличения Человеческой Энергии А-109
(The Century Illustrated Monthly Magazine, June 1900).

3. Передача Электрической Энергии Без Проводов A-153
(Electr. World and Eng. March 5, 1904).

4. Наука и Открытия - великие Силы, которые приведут к Концу Войны A-162
(The Sun. Dec. 20, 1914).

5. Как Космические Силы Формируют Наши Судьбы A-172
(New York American, Febr. 7, 1915).

6. Волшебный Мир, Который Создаст Электричество A-177
(Manufacturer's Record, Sept. 9, 1915).

7. Электрический Привод для Военных Кораблей A-185
(New York Herald, Febr. 25, 1917).

III АВТОБИОГРАФИЧЕСКАЯ СТАТЬЯ

1. Некоторые Личные Воспоминания A-195
(Scientific American, June 5, 1915).

ФОТОГРАФИИ

НОВАЯ СИСТЕМА ТРАНСФОРМАТОРОВ И МОТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА*

Я очень хочу выразить свою благодарность Профессору Энтони, за его помощь, которую он оказал в данном вопросе. Я также хотел бы выразить мою признательность М-ру Попу и М-ру Мартину за их содействие. Извещение пришло относительно недавно, и я не смог рассмотреть предмет столь широко, как мне бы того хотелось, так как мое здоровье сейчас не и лучшем состоянии. Я прошу о вашем любезном снисхождении, и буду глубоко удовлетворен, если то немногое, что я сделал, встретит ваше одобрение.

При сегодняшней разнородности мнений касательно относительных достоинств систем переменного и постоянного тока огромное значение придается вопросу, могут ли переменные токи успешно применяться в работе моторов. Трансформаторы, со всеми их преимуществами, дали нам сравнительно совершенную систему распределения. И хотя, как во всех областях техники, желательны еще многие усовершенствования, в этом направлении осталось сделать сравнительно немного. Передача энергии, напротив, практически полностью ограничена использованием постоянных токов, и несмотря на то, что для использования переменных токов было предпринято множество усилий, они, по крайней мере насколько известно, не дали желаемого результата. Из разнообразных моторов, приспособленных для работы в цепях переменного тока, отмечались следующие: 1. Последовательный мотор с разделенным полем. 2. Генератор переменного тока, поле которого возбуждается постоянными токами. 3. Мотор Элиу Томпсона. 4. Мотор с комбинированным переменным и постоянным током. И еще два мотора этого вида пришли мне в голову. 1. Мотор, одна из цепей которого подключается последовательно с генератором, а другая — во вторичную цепь трансформатора. 2. Мотор, у которого цепь якоря подключена к генератору, и обмотки возбуждения замкнуты на себя. Эти я. впрочем, упоминаю лишь мимоходом.

Предмет, который я сейчас имею удовольствие представить вашему вниманию, — это новая система распределения и передачи электрической энергии посредством переменных токов, дающая особые преимущества, особенно в плане моторов, которая, я уверен, сразу же даст превосходную применимость этих токов для передачи энергии и покажет, что многие результаты, до сих пор недосягаемые, с их применением достигаются; результаты, которые столь желательны в практической работе подобных, систем, и которые недостижимы при посредстве постоянных токов.

Прежде чем вдаваться в детали описания этой системы, я думаю, необходимо сделать несколько замечаний относительно определенных условий, присутствующих в генераторах и моторах постоянного тока, которыми, хотя они и хорошо известны, часто пренебрегают.

В наших динамо машинах, как известно, мы генерируем переменные токи, которые выпрямляем посредством коммутатора, этого довольно сложного устройства, и, можно так

---

* Прочитана перед American Institute of Electrical Engineers, 16 Мая 1888 г.

сказать, источника большинства проблем, возникающих в работе этих машин. Далее, токи, выпрямленные таким образом, не могут использоваться в моторе, но они должны — и опять посредством подобного ненадежного устройства, — быть вновь преобразованы в свое первоначальное состояние — переменный ток. Функция коммутатора чисто внешняя, и пи в коей мере не влияет на внутреннюю работу машин. Следовательно, на самом деле, все машины — это машины переменного тока, так как токи предстают в виде постоянных только во внешней цепи во время их передачи от генератора к мотору. И только ввиду этого факта переменные токи должны были привлечь к себе внимание как более непосредственное применение электрической энергии, и применение постоянный токов становилось бы оправданным, только если бы были динамо, которые сразу первоначально генерируют их, и моторы, которые бы приводились в действие непосредственно такими токами.

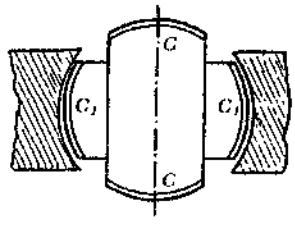


Рис. 1.

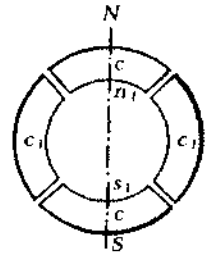


Рис. 1а.

Но работа коммутатора в моторе двойная; во-первых, он обращает токи, идущие через мотор, и во-вторых, он выполняет, автоматически, прогрессивный сдвиг полюсов одной из его магнитных составляющих. Далее, допуская, что обе этих бессмысленных операции, то есть выпрямление переменных токов в генераторе и реверсирование постоянных токов в моторе, исключаются, все равно было бы нужно, для того, чтобы вызвать вращение мотора, получать прогрессивное смещение полюсов одного из его элементов, и сам собой встает вопрос — Как выполнить эту операцию непосредственно с помощью воздействия переменного тока? Теперь я перейду к объяснению того, как это выполняется.

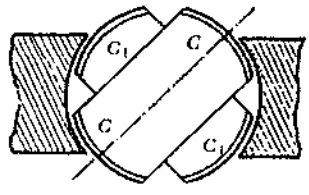


Рис. 2.

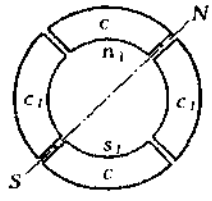


Рис. 2а.

В первом эксперименте барабанный якорь имел две обмотки под прямыми углами друг к другу, и концы этих обмоток подключались к двум парам изолированных контактных колец, как это делается обычно. Кольцо было сделано из тонких изолированных пластин листового железа и обмотано четырьмя обмотками, каждые две противоположные из которых соединялись друг с другом так, чтобы давать свободные полюса на диаметрально противоположных сторонах кольца. Остальные свободные контакты обмоток подключались к контактному кольцу якоря генератора, так что образовывалось две независимые цепи, как показано на рисунке 9. Теперь можно видеть, какие результаты достигались подобной комбинацией, и я буду ссылаться в этом отношении на схемы на рисунках с 1 до 8а. Когда поле генератора возбуждается независимо, вращение якоря устанавливает в обмотках *CC* токи, меняющиеся по силе и направлению хорошо известным образом. В положении, показанном на

рисунке 1, ток в обмотке С нулевой, тогда как через обмотку *Cj* проходит ее максимальный ток, и наши соединения устроены так, что кольцо намагничивается обмотками *C / C /,* как показано буквами N S на рисунке 1а, а намагничивающий эффект обмоток с с нулевой, потому что эти обмотки включены в цепь обмотки *C.*

На рисунке 2 обмотки якоря показаны в следующем положении, когда уже совершена одна восьмая одного оборота. Рисунок 2а иллюстрирует соответствующие магнитные состояния кольца. В данный момент обмотка *C /* генерирует ток того же направления, что и перед этим, но слабее, создавая в кольце полюса N1 *S 1;* обмотка с также генерирует ток того же направления, и соединения таковы, что обмотки с с создают полюса N *S,* как показано на рисунке 2а. Результирующая полярность указана буквами N S, и можно наблюдать, что полюса кольца сдвинулись на одну восьмую его периметра.

На рисунке 3 якорь прошел одну четвертую оборота. На этой фазе ток и обмотке С максимален, и его направление таково, что дает полюса N S, как на рисунке 3а, при этом ток

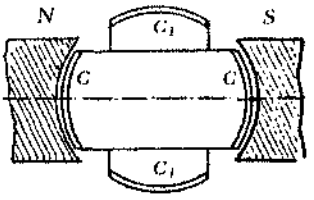


Рис. 3.

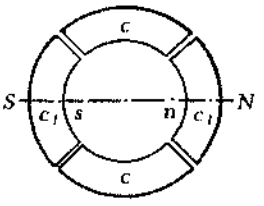


Рис. 3а.

в обмотке С1 пулевой, эта обмотка находится в своем нейтральном положении. Полюса N S па рисунке 3а, таким образом, сдвинуты на одну четвертую окружности кольца.

Рисунок 4 показывает обмотки *C C* еще более продвинутом положении, когда якорь прошел три восьмых оборота. В этот момент обмотка С пока что генерирует ток того же направления, что и раньше, но меньшей силы, создавая сравнительно более слабые полюса n s на рисунке 4а. Ток в обмотке *Cj* той же силы, но противоположного направления. В результате, он создает на кольце полюса N *j Sj,* как показано, и полярность N S, в итоге, при этом полюса сдвигаются на три восьмых периметра кольца.

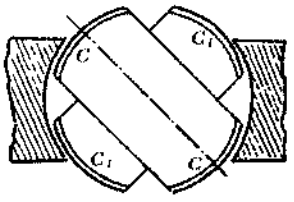


Рис. 4.

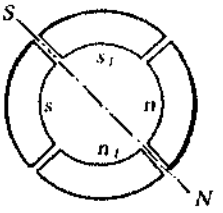


Рис. 4а.

На рисунке 5 пройдена половина оборота якоря, и возникающее в результате магнитное ноле показано на рисунка 5а. Теперь ток в обмотке *C* нулевой, а по обмотке *C/* течет ее максимальный ток, имеющий то же направление, что и перед этим; намагничивающий эффект, таким образом, обуславливается только обмоткой *C/ cj,* и следуя рисунку 5а, можно увидеть, что полюса N S сдвинулись на одну вторую окружности кольца. В ходе следующего полуоборота действия повторяются, как показано на рисунках с 6 по 8а.

Если посмотреть на схемы, становится ясно, что в ходе одного оборота якоря полюса кольца сдвигаются один раз по его окружности, а каждый оборот вызывая те же эффекты, в результате быстрое вращение полюсов согласуется с вращением якоря. Если соединения любой из обмоток на кольце поменять на обратные, сдвиг полюсов будет происходить

в обратном направлении, но действие будет точно тем же самым. Вместо того, чтобы использовать четыре провода, с тем же эффектом можно использовать три провода, из которых один является общим обратным проводом для обеих цепей.

Это вращение или верчение полюсов проявляет себя в целой серии любопытных явлений. Если аккуратно укрепленный на оси диск из стали или другого магнитного металла приблизить к кольцу, он приходит в быстрое вращение, при этом направление вращения меняется от положения диска. Например, если в снаружи кольца он будет вращаться в одну сторону, то внутри кольца направление вращения сменится на обратное, но при этом направление не

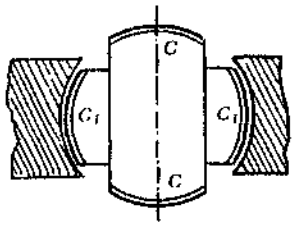


Рис. 5.

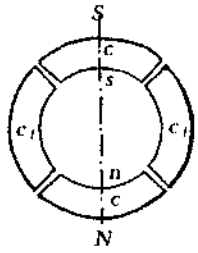


Рис. 5а.

будет меняться, если его поместить в положение, симметричное кольцу. Это объясняется просто. Каждый раз, когда полюс приближается, он индуцирует противоположный полюс в ближайшей точке диска, и в этой точке образуется притягивание; благодаря этому, по мере того, как полюс двигается, удаляясь от диска, на него действует тангенциальное тянущее усилие, и когда это действие повторяется постоянно, в результате возникает более или менее быстрое вращение диска. Поскольку тянущее усилие действует главным образом на ту часть, которая ближе всего к кольцу, вращение снаружи и внутри, или справа и слева, соответственно, происходит в противоположных направлениях, рисунок 9. При расположении симметрично кольцу, усилия на противоположных сторонах диска одинаковы, и вращения нет. Воздействие основано на магнитной инерции железа; по этой причине на диск из твердой стали воздействие гораздо более сильное, чем на диск из мягкого железа, так как последнее способно к очень быстрым изменениям магнетизма. Такой диск оказался очень полезным инструментом во всех этих исследованиях, поскольку он позволил мне обнаруживать любую нерегулярность работы.

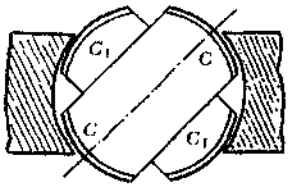


Рис. 6.

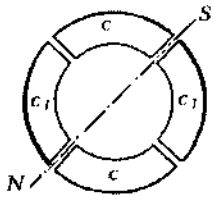


Рис. 6а.

Любопытный эффект также оказывается на железные опилки. Если поместить некоторое их количество на бумагу и держать ее с внешней стороны достаточно близко к кольцу, они приходят в вибрирующее движение, оставаясь на месте, хотя бумагу можно двигать туда и сюда; но при подъеме бумаги на определенную высоту, которая как представляется, зависит от интенсивности полюсов и скорости вращения, их сбрасывает в направлении всегда противоположном воображаемому вращению полюсов. Если бумагу с опилками положить горизонтально на кольцо и внезапно включить ток, легко можно наблюдать наличие магнитного верчения.

Чтобы продемонстрировать полное сходство между кольцом и вращающимся магнитом, за счет механической энергии вращался сильный электромагнит, и наблюдались явления, идентичные вышеупомянутым во всех деталях.

Очевидно, вращение полюсов производит соответствующие индуктивные воздействия и может использоваться для генерации токов в замкнутом проводнике, помещенном в области действия полюсов. Для этой цели удобно обмотать кольцо двумя множествами наложенных друг на друга обмоток, образующих соответственно первичную и вторичную цепи, как показано на рисунку 10. Чтобы обеспечить получение наиболее экономичных результатов, магнитные цепи должны быть полностью закрыты, и имея это в виду, можно менять конструкцию как угодно.

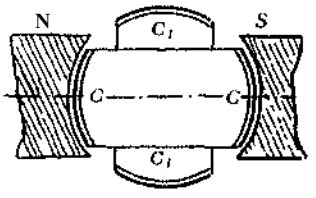


Рис. 7.

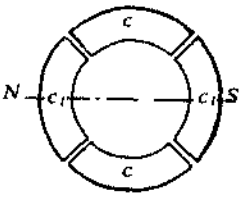


Рис. 7а.

Индуктивный эффект, воздействующий на вторичные обмотки, будет главным образом обусловлен смещением или движение магнитного действия; но могут также существовать и токи, наведенные в обмотках вследствие изменений интенсивности полюсов. Тем не менее, если правильно спроектировать генератор и определить магнитное воздействие первичных обмоток, последнюю составляющую можно заставить исчезнуть. Если поддерживать интенсивность полюсов постоянной, работа прибора будет безупречной, и можно будет получить такой же результат, как если бы смещение производилось посредством коммутатора с бесконечным числом полос. В этом случае теоретическое отношение между возбуждающим воздействием каждого множества первичных обмоток и их результирующим магнитным воздействием можно выразить уравнением круга, центр которого совпадает с центром

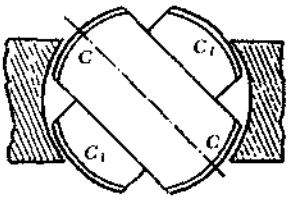


Рис. 8.

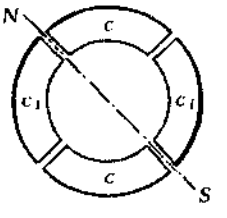


Рис. 8а.

ортогональной системы осей, в котором радиус представляет собой равнодействующую и координаты обе ее компоненты. Тогда это будут, соответственно, синус и косинус угла *a* между радиусом и одной из осей (*O X).* Следуя рисунку 1, имеем $r^2 = X^2 + y^2$, где $X = COS\ a$, а $y = sin\ a$.

Полагая магнитное воздействие каждого множества обмоток пропорциональным току — что можно допустить при слабом намагничивании, — получаем тогда $X = Kc$ и $y = Kc^1$ где K — константа, а c и C^1 токи в обоих множествах обмоток, соответственно. Далее, полагая, что поле генератора постоянное, имеем постоянную скорость $c' = K^1 sin\ a$ и $C = K^1 sin\ (90^0 +) = K^1 COSa$, где K^1 — константа. См. рисунок 12.

Таким образом, $X = Kc = K\,K'\,COS\ a;$

$y = Kc^1 = K\,K^1\ sin\ a,\ u$

$K\,K' = r.$

То есть, для постоянного поля расположение двух обмоток под прямыми углами даст теоретический результат, и интенсивность смещения полюсов будет постоянной. Но из $r^2=x^2 + y^2$; следует, что при $y=0$, $r=x$; следовательно, суммарное магнитное воздействие обоих множеств обмоток должно быть равно воздействию одного множества при его максимуме. В трансформаторах и определенном классе моторов флюктуации полюсов не имеют особой важности, но в другом классе этих моторов желательно добиться теоретического результата.

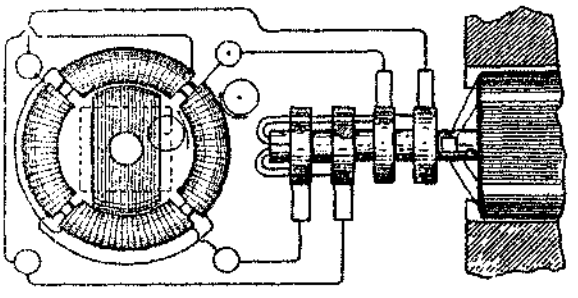


Рис. 9.

В результате применения этого принципа к конструкции моторов были построены два типичных вида моторов. Первый, вид со сравнительно малым вращающим усилием на старте, но поддерживающий постоянную скорость при любых нагрузках, это мотор, названный синхронным. Второй, вид, демонстрирующий огромное вращательное усилие на старте, скорость его находится в зависимости от нагрузки. Эти моторы могут приводиться в действие тремя различными путями: 1. Только от переменных токов источника. 2. Комбинированным воздействием их и индуцированных токов. 3. Совместным воздействием переменных и постоянных токов.

Простейший вид синхронного мотора получается при обматывании листового кольца с полярными выступами четырьмя обмотками и подключением их тем же способом, что и описанный выше. Железный диск с вырезанным сегментом с каждой стороны можно использовать в качестве якоря. Такой мотор показан на рисунку 9. Если диск устанавливается так, чтобы он мог свободно вращаться внутри кольца близко к выступам, очевидно, что когда полюса смещаются, он будет, благодаря его стремлению находиться в таком положении, чтобы охватывать наибольшее количество линий силы, тесно следовать движению полюсов, и его движение будет синхронным с движением якоря генератора; то есть, это так в таком конкретном расположении, показанном на рисунку 9, когда якорь за один оборот производит два импульса тока в каждой из своих цепей. Очевидно, что если за один оборот якоря генерируется большее число импульсов, скорость мотора соответственно возрастет. Из того, что притягивание, действующее на диск, наибольшее, когда он находится вблизи полюсов, следует, что такой мотор будет сохранять в точности одну и ту же скорость при всех нагрузках в пределах его мощности.

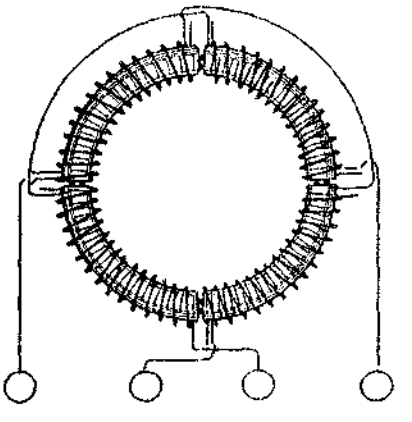


Рис. 10.

Чтобы способствовать запуску на старте, диск можно снабдить обмоткой, замкнутой на себя. Преимущество, даваемое такой обмоткой, очевидно. На старте токи, возникающие в обмотке, сильно возбуждают диск и увеличивают притяжение, действующее на него со стороны кольца, и благодаря токам, генерируемым в обмотке, пока скорость якоря много меньше скорости полюсов, мотор может выполнить заметную работу даже если скорость ниже нормальной. При постоянной интенсивности полюсов, когда мотор вращается со своей нормальной скоростью, в обмотке никакие токи не генерируются.

Вместо того, чтобы замыкать катушку на себя, ее концы можно соединить с двумя изолированными скользящими кольцами, и подать постоянный ток от подходящего генератора. Хороший способ запустить такой мотор — это замкнуть катушку на себя до достижения нормальной скорости, или около того, а затем переключить на постоянный ток. Если диск возбуждается постоянным током очень сильно, мотор может не смочь стартовать, но если бы он возбуждался слабо, или вообще так, что магнитное воздействия кольца было бы преобладающим, он запустится и достигнет нормальной скорости. Такой мотор будет сохранять абсолютно ту же самую скорость при всех нагрузках. Также замечено, что если движущей силы генератора недостаточно, соотносясь с мотором скорость генератора уменьшается синхронно со скоростью мотора. Отличительное свойство этого вида моторов, что его нельзя реверсировать за счет реверсирования постоянного тока через обмотку.

Синхронность этих моторов можно продемонстрировать многими путями экспериментально. Для этой цели самое лучшее использовать мотор, состоящий из магнит с постоянным полем и якорь, устроенный так, чтобы вращаться внутри него, как показано па рисунку 13. В этом случае смещение полюсов якоря вызывает вращение последнего в обратном направлении. Отсюда вытекает, что когда достигается нормальная скорость, полюса якоря принимают фиксированное положение относительно поля магнита, и он намагничивается

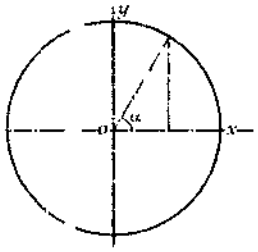


Рис. 11.

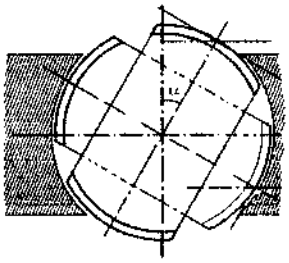


Рис. 12.

индукцией, образуя отдельный полюс на каждом из полюсных наконечников. Если в магните применить наконечник из мягкого железа, он на старте будет притягиваться с быстрым вибрирующим движением, вызванным обращениями полюсов магнита, на когда скорость якоря возрастает, вибрации становятся все менее и менее частыми и наконец совсем исчезают. Тогда железо притягивается слабо, но постоянно, указывая, что синхронность достигнута, и возбуждающий магнит возбуждается индукцией.

Диск можно также использовать для эксперимента. Если держать его близко к якорю, он будет вращаться до тех пор, пока скорость вращения полюсов будет превышать скорость вращения якоря; но когда будет достигнута нормальная скорость, или около того, он перестает вращаться и постоянно притягивается. Грубый но показательный эксперимент проделывается с лампой накаливания. Если поместить лампу в цепь с генератором постоянного тока, и последовательно с магнитной обмоткой, то наблюдаются быстрые флюктуации света вследствие индуцированных токов, возникающих в обмотке на старте; когда скорость возрастает, флюктуации появляются с более долгими интервалами, пока не исчезают полностью, указывая, что мотор достиг своей нормальной скорости.

Телефонный приемник оказывается самым чувствительным инструментов; когда он подключается к любой цепи мотора, синхронизация легко обнаруживается по исчезновению индуцированных токов.

В моторах синхронного типа желательно поддерживать количество смещающего магнетизма постоянным, особенно если магниты не подразделены как следует.

Как в этих моторах получить вращательное усилие было предметом долгих раздумий. Чтобы получить этот результат, было нужно так все расположить, чтобы пока полюса одного

элемента мотора смещаются переменными токами источника, полюса, получаемые от другого элемента, должны все время находиться в правильном отношении к первым, безотносительно к скорости мотора. Такие условия присутствуют в моторе постоянного тока; но в синхронном моторе, таком как описанный выше, эти условия достигаются, только при нормальной скорости.

Цель была достигнута, когда внутрь кольца был помещен соответствующим образом подразделенный железный сердечник, обмотанный несколькими независимыми обмотками,

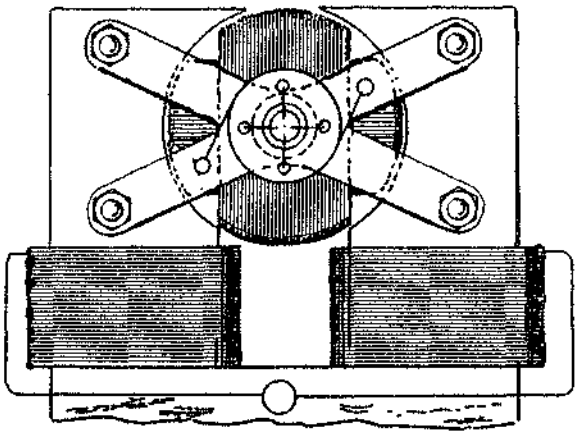


Рис. 13.

замкнутыми на себя. Двух обмоток под прямыми углами на рисунке 14 достаточно, но лучше использовать большее их число. Из этого расположения и следует, что когда полюса кольца смещаются, в замкнутых обмотках якоря генерируются токи. Эти токи наиболее интенсивны и или около точек с наибольшей плотностью линий силы, и в результате они дают полюса на якоре под прямыми углами к полюсам на кольце, по крайней мере в теории это так; и поскольку действие полностью независимо от скорости — то есть, в плане рассмотрения положений полюсов, — на окружность якоря действует постоянное тянущее усилие. Во многом эти моторы похожи на моторы постоянного тока. Если прилагается нагрузка, скорость, а также сопротивление мотора, уменьшается, и через возбуждающие обмотки течет больше тока, таким образом увеличивая усилие. Когда нагрузка удаляется, возрастает противодействующая электродвижущая сила, и через первичные, или возбуждающие, катушки течет меньше тока. Когда нагрузки нет, скорость очень близка к скорости смещения полюсов возбуждающего магнита.

Как будет показано, вращательное усилие этих моторов и моторов постоянного тока полностью эквивалентны. Усилие наибольшее, когда и якорь и возбуждающий магнит не имеют никаких выступов; но даже в такой схеме поле не может быть очень концентрированным, и вероятно наилучшие результаты будут получаться, если оставлять полярные выступы только на одном из этих элементов. В целом, можно утверждать, что выступы уменьшают вращающий момент и вызывают тенденцию к синхронности.

Характерная особенность моторов этого вида — это их способность очень быстро реверсироваться. Это следует из специфики действия мотора. Допустим, якорь вращается, и направление вращения полюсов меняется на обратное. Тогда аппарат превращается в динамо машину, и энергия, приводящая эту машину в движение, — это запасенная кинетическая энергия якоря, а скорость — сумма скоростей якоря и полюсов. Если мы теперь учтем, что мощность, чтобы приводить такое динамо в действие, будет очень близко пропорциональна третьей степени скорости, то уже только по этой причине якорь должен реверсировать очень быстро. Но одновременно с разворотом начинает действовать еще одна составляющая, а именно, когда движение полюсов относительно якоря обращается в противоположную

сторону, мотор действует как трансформатор, в котором сопротивление вторичной цепи ненормально уменьшено за счет возникновения в этой цепи дополнительной электродвижущей силы. В силу этих причин разворот мгновенный.

Желательно обеспечить постоянную скорость, и в тоже время определенное усилие на старте. Это легко достигается многими путями. Например, на одном валу можно укрепить два якоря, один для крутящего момента, второй для синхронизации, и любой из них сделать преимущественным, или же на якорь намотать так, чтобы получить вращательное усилие, но более или менее выраженную тенденцию к синхронизации может ему придавать правильная конструкция железного сердечника; и многими другими путями.

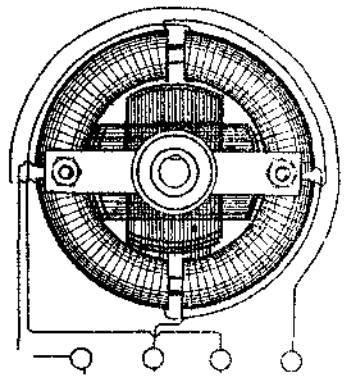


Рис. 14.

Для получения требуемой фазы токов в первичной и во вторичной цепях самым простым является расположение с двумя обмотками под прямыми углами, это дает наиболее постоянное действие; но. фазу можно получить и многими другими путями, в зависимости от того, какая машины используется. Для этой цели легко приспосабливаются любые из применяемых сейчас динамо путем подключения к нужным точкам генерирующих обмоток. В якорях с замкнутыми обмотками, таких, как применяются в системах постоянного тока, лучше всего сделать четыре ответвления от равноудаленных точек или пластин коммутатора, и подсоединить их к четырем изолированным скользящим кольцам на валу. В этом случае каждая из цепей мотора получается подключенной к двум диаметрально противоположным полосам коммутатора. При таком расположении мотор может также приводиться в действие от половины потенциала и по трехпроводной схеме, путем подключения цепей мотора в нужном порядке к трем из контактных колец.

В многополярных динамо машинах, какие применяются в конвертерных системах, фаза легко получается с помощью намотки на якорь двух последовательностей обмоток таким образом, чтобы когда обмотки в одном множестве или последовательности находятся в их максимуме генерации тока, обмотки в другом будут в своем нейтральном положении, или около него, таким образом оба множества обмоток могут подвергаться индуцирующему действию возбуждающих магнитов одновременно или последовательно.

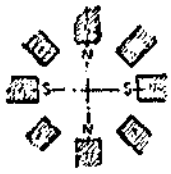


Рис. 15.



Рис. 16.



Рис. 17.

В целом, цепи в моторе будут располагаться сходным образом, и для достижения требований могут применяться разные компоновки; но самая простая и самая практичная — это разместить первичные цепи на стационарных частях мотора, избегая таким образом, по крайней мере в определенных видах, скользящих контактов. В этом случае магнитные обмотки соединяются попеременно в обеих цепях; то есть, 1, 3, 5... в одной и 2, 4, 6... в другой, и обмотки в каждом множестве последовательностей можно соединять тем же образом, или попеременно противоположно; в последнем случае получится мотор с половинным числом полюсов, и его действие поменяется соответствующим образом. На рисунках 15, 16 и 17

показаны три разные фазы, при этом магнитные обмотки в каждой цепи соединены попеременно в противоположном порядке. В данном случае будет всегда четыре полюса, как на рисунках 15 и 17, четыре полярных выступа будут нейтральными, и на рисунке 16 два соседних полярных выступа будут иметь одинаковую полярность. Если обмотки соединены одинаковым образом, то будет восемь переменных полюсов, отмеченных буквами *n's' на* рис. 15.

Применение многополярных моторов дает в этой системе преимущество, столь желанное и при этом недостижимое в системах постоянного тока, и состоит оно в том, что мотор можно заставить работать на заранее установленной скорости безотносительно к несовершенству конструкции, нагрузке, и, в определенных пределах, электродвижущей силе и силе тока.

В обычной системе питания этого вида следует применять следующий план. На центральной подающей станции должен быть установлен генератор с достаточным количеством полюсов. Моторы, работающие от этого генератора, должны быть синхронного типа, но дающие достаточное вращательное усилие для обеспечения их запуска. Если в конструкции соблюсти надлежащие правила, можно добиться того, что скорость каждого мотора будет в определенной обратной пропорции к его размеру, и число полюсов должно выбираться соответственно. Для специальных нужд это правило может меняться. Ввиду этого будет выгодно снабдить каждый мотор большим числом полярных выступов или обмоток, так чтобы их число было желательно кратно двум или трем. Таким способом, просто меняя

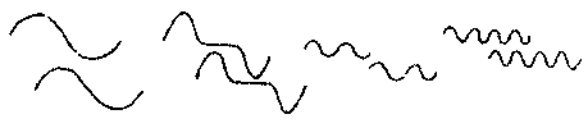


Рис. 18. Рис. 19. Рис. 20. Рис. 21.

соединения обмоток, мотор можно приспособить к любым возможным нуждам.

Если число полюсов в моторе четное, его работа будет согласованной и можно достичь нужного результата; если это не так, то лучший подход, это сделать мотор с двойным количеством полюсов и соединить их тем же образом, как указывалось выше, так чтобы получилось половинное количество полюсов. Предположим, например, что у генератора двенадцать полюсов, и нужно получить скорость, равную $^{12}/_{7}$ скорости генератора. Для этого требуется мотор с семью полярными выступами или магнитами, и в таком моторе нельзя правильным образом соединить цепи, если не сделать четырнадцать якорных обмоток, что необходимо повлечет использование скользящих контактов. Чтобы этого избежать, мотор следует снабдить четырнадцатью магнитами, семь соединены в каждую цепь, и магниты в каждой цепи чередуются друг с другом. Якорь должен иметь четырнадцать замкнутых обмоток. Работа такого мотора не будет столь же хорошей, как при четном количестве полюсов, но недостаток этот серьезным не будет. При этом, вред от этой несимметричной формы будет уменьшаться пропорционально числу добавленных полюсов.

Если у генератора, скажем, *n,* а у мотора n_1 полюсов, то скорость такого мотора будет равна скорости генератора, помноженной на n/n_1.

Скорость мотора будет в целом зависеть он числа полюсов, но из этого правила могут быть исключения. Скорость может меняться за счет фазы токов в цепях, или за счет характера импульсов тока, или из-за интервалов между каждыми импульсами или их группами. Некоторые из возможных случаев приведены на схемах, рисунки 18, 19 и 20, которые не требуют объяснений. На рисунку 18 показаны условия, которые присутствуют обычно и обеспечивают самый лучший результат. В этом случае, если применяется типичный вид мотора, показанный на рисунке 9, одна полная волна в каждой цепи будет производить один оборот мотора. На рисунке 19 то же будет происходить в результате одной волны в каждой

цепи, если импульсы последовательные; на рисунке 20 четырьмя, а на рисунке 21 — восемью волнами.

Теми же способами можно получить любую нужную скорость; то есть, по крайней мере, в рамках практических потребностей. Данная система обладает этим преимуществом помимо других, вытекающих из ее простоты. При полных нагрузках моторы имеют точно такую же эффективность, как и моторы постоянного тока. Трансформаторы дают дополнительный выигрыш за счет их способности питать моторы. В их конструкции могут делаться аналогичные изменения, тем самым способствуя введение моторов и их приспособление к практическим нуждам. Их эффективность должна быть выше, чем у сегодняшних трансформаторов, и основываюсь в этом утверждении на следующем:

В тех трансформаторах, которые делаются сегодня, мы получаем токи во вторичной цепи путем варьирования силы первичных или возбуждающих токов. Если мы допустим пропорциональность относительно железного сердечника, то индуктивный эффект, который испытывает вторичная обмотка, будет пропорционален числовой сумме вариаций силы возбуждающего тока за единицу времени. Отсюда следует, что при данной вариации любая продолжительность первичного тока будет давать пропорциональную потерю. Чтобы получить быстрые вариации в силе тока, что важно для эффективной индукции, используется большое число ондуляций. Из этого проистекают практические недостатки. Так, например, возрастает стоимость и падает эффективность генератора, теряется больше энергии на нагрев сердечников, также падает выход трансформатора, поскольку сердечник не используется должным образом, и развороты происходят слишком быстро. Индуктивный эффект также очень слаб в определенных фазах, что будет видно из графического представления, и могут возникать периоды бездействия, если между последовательными импульсами тока или волнами есть интервалы. При получении смещения полюсов трансформатора, а значит и при индуцировании токов, индукция идеальная, потому что все время находится в максимуме своего действия. Также оправданно предполагать, что при смещении полюсов будет теряться меньше энергии, чем при разворотах.

ОБСУЖДЕНИЯ

М-р Мартин — Профессор Энтони, я уверен, находится здесь, и поскольку он уделил данному предмету определенное внимание, я думаю, он мог бы должным образом дополнить статью М-ра Теслы некоторыми замечаниями.

М-ра Тесла — Я хочу еще раз выразить мою глубокую благодарность Профессору Энтони за всестороннюю помощь мне, и надеюсь, что он сможет объяснить многие из особенностей этой системы, которые я не смог объяснить сейчас.

Профессор Энтони — М-р Президент и Джентльмены: обо мне упомянули, что я имел определенное дело с этими видами моторов. Я очень рад, что могу добавить свои показания к тому, что М-р Тесла уже сообщил нам относительно их работы, и я признаюсь, когда я первый раз наблюдал их действие, оно показалось мне чрезвычайно примечательным. После моего первого визита в мастерские М-ра Теслы, некоторые моторы, я думаю, именно эти два, которые вы видите на столе, перенесли ко мне, чтобы я провел некоторые испытания их эффективности, и это вероятно вас заинтересует в данном вопросе больше всего остального, что я мог бы сказать. Извиняюсь, но я не принес с собой точные цифры, которые мы получили, но могу привести некоторые из результатов по памяти. Этот небольшой мотор, который вы видите, давал у нас около половины лошадиной силы, и давал эффективность немного больше пятидесяти процентов, что я счел очень хорошей эффективностью для мотора такого размера, поскольку мы не можем ожидать получить на таких маленьких моторах ту же эффективность, как па больших. Это, я уверен, якорь, который М-р Тесла называет якорем для высокого вращательного усилия. Этот маленький шкив, который всего около трех дюймов в диаметре, тянет что-то около пятидесяти фунтов, насколько я помню, при включении тока, так что как видите, вращательное усилие весьма значительное, и это также проявляется в быстроте, с которой якорь меняет разворачивает свое движение при обращении отношения двух токов, которые проходят через две противоположные обмотки. Это можно сделать переместив два провода, или просто передвинув реверсивный переключатель в одной из цепей, и якорь остановится и начнет двигаться в обратную сторону так быстро, что почти невозможно сказать, когда же. разворот произошел. Это показывает, насколько значительное вращательное усилие демонстрирует этот якорь. Этот мотор (имеется

в виду второй экземпляр) давал у нас, я думаю, около 1 3/4 л.с, и показал еще большую эффективность, чем другой — чуть-чуть больше шестидесяти процентов. Он работает, с якорем, сконструированным как здесь, почти со скоростью генератора даже под очень тяжелой нагрузкой. Когда нагрузку доводили до максимальной, где эффективность начинает несколько спадать, скорость вращения уменьшалась. Насколько я сейчас помню, она уменьшалась примерно до двадцати восьми тысяч, и видите, под большой нагрузкой скорость сохранялась очень близкой к скорости генератора.

Я мало что могу добавить к тому, что М-р Тесла уже сообщил вам относительно этих моторов. Я нисколько не сомневаюсь, что всем из вам было бы очень интересно, как мне когда-то, посмотреть, как они работают. Это в самом деле лучший способ определить, что дадут моторы.

М-р Тесла — М-р Президент и Джентльмены: Профессор Энтони только что сделал замечание, что скорость этого мотора падала когда нагрузку увеличивали. Это было обусловлено тем фактом, что этот якорь был сделан так, чтобы обеспечивать хорошее усилие со старта. Но если мы сделаем якорь, который предназначается только для синхронности, скорость всегда будет одной и той же, не важно при какой нагрузке; будет только тот недостаток, что на старте вращающее усилие будет настолько маленьким, что он может и не запуститься. Он обычно запускается, если его поставить в нужное положение, но если в его в нужное положение не ставить, он может не стартовать. Если мы используем якорь, состоящий из выточенного из стальной болванки, с обмоткой, он будет сохранять свою скорость при всех нагрузках. Важность поддержания интенсивности полюсов постоянной в том, что если этого добиться, то мы можем использовать, вместо подразделенного якоря, обычную стальную болванку с тем же результатом. Желательно только закрыть магнитное поле. Вы легко можете видеть, когда полюса фиксированы, что не нужно подразделять якорь, если интенсивность силы постоянно поддерживается одинаковой. Но если интенсивность силы не поддерживается постоянно одинаковой, то нужно подразделять, и в целом в полученных мною результатах я обнаружил, что нужно подразделять. Я также нахожу, что результаты, полученные в испытаниях Профессора Энтони, были превосходны. Я отношу это на тот факт, что у динамо было мощное поле и маленький якорь, и поле было очень концентрированным, и возможно по этой причине результат был близок к теоретическому.

Профессор ТОМПСОН — меня очень заинтересовало описание, которое М-р Тесла дал своему новому и замечательному маленькому мотору. Я, если вам будет интересно узнать, работал примерно в тех же направлениях и в сторону тех же целей. В испытаниях, которые я провел, применялась одна цепь переменного тока — не двойная переменная цепь — одна цепь, питающая мотор, сконструированный так, чтобы использовать переменность и получить вращение. Я провел, после последней ежегодной встречи Института, разработку и усовершенствование, насколько позволило мое время, якоря с замкнутой цепью — если мы можем его так назвать, — в переменном поле. То есть, схему, которую я применил и которую я представил Институту в прошлом году, состоящую в том, чтобы сделать слоистое поле и в это поле поместить якорь, тоже слоистый, намотав на якорь обмотку, которая периодически замыкается накоротко с помощью коммутатора или устройства замыкания цепи в процессе вращения. Я сделал несколько таких моторов различной конструкции, и они неизменно стартовали из состояния покоя и развивали мощность, и некоторые из них демонстрировали, при скоростях, близких к частоте перемен динамо, тенденцию к синхронности. Их вращательное усилие в большинстве случаев немного больше в районе этой точки, чем в других точках. Я надеюсь в некотором не очень далеком времени представить большинство из этих результатов вниманию Института, и поэтому я пока откладываю дальнейшие замечания касательно мотора этой конструкции. Я безусловно думаю, что у переменных моторов есть перспектива, и несомненно есть возможность получить моторы, которые обладают даже еще бо́льшими преимуществами перед моторами постоянного тока.

М-р Тесла — Джентльмены, Я желаю сказать, что показания такого человека, как Профессор Томпсон, стоящий в своей профессии на первом месте, очень сильно мне льстят. Я мог бы сказать, что работал в одном направлении с Профессором Томпсоном в тот период времени, когда изобретение Профессора Томпсона было мне неизвестно. У меня был такой же мотор, как и у Профессора Томпсона, но он меня опередил. Я уверен, что хотя этот специфический вид мотора и имеет тот недостаток, что надо использовать пару щеток для замыкания цепи икорной обмотки, такой вид моторов можно сделать пригодным к практическому использованию по той простой причине, что этот мотор представляет собой трансформатор, а такой трансформатор, как мы хорошо знаем, можно довести до очень высокой эффективности. С другой стороны, якорь можно снабдить проводниками с достаточно низким сопротивлением, и это простой способ сделать отличное устройство для замыкания цепи. Вы увидите преимущество этого решения с замкнутой цепью обмотки — в том, что это действие всегда поддерживается на максимуме, и это на самом деле более совершенно, чем когда полярности смещаются посредством коммутатора.

ТЕСЛА ОТВЕЧАЕТ Д-РУ ЛУИСУ ДАНКАНУ, ОБЪЯСНЯЯ СВОЙ МОТОР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Редактору Electrical Review:

В Вашем издании за прошлую неделю я обратил внимание на то, что М-р Данкан ссылается на мою систему моторов переменного тока.

Поскольку я вижу, что Д-р Данкан еще не знаком с настоящей особенностью моего изобретения, я не могу рассматривать его статью в свете серьезной критики, и думаю, что отвечать необязательно; но желая выразить ему

свой взгляд и ту важность, которую я придаю его мнению, я кратко укажу на отличительные особенности моего изобретения, насколько они имеют прямое отношение к статье, упомянутой выше.

Принцип действия моего мотора легко можно понять из следующего:

При выполненном надлежащим образом пропускании переменных токов через независимые возбуждающие обмотки в моторе получается прогрессивное смещение, или вращение, его полюсов. Смещение более или менее непрерывное, в зависимости от конструкции мотора, и характера и относительной фазы применяемых током, и я указывал теоретические условия, которые должны присутствовать, чтобы обеспечить наилучшее действие.

Если слоистое кольцо намотать четырьмя обмотками, и подсоединить их в нужном порядке к двум независимым цепям генератора переменного тока, приспособленного для данной цели, то прохождение токов через обмотки теоретически вызовет вращение полюсов кольца, и в реальной практике в ходе серии экспериментов я продемонстрировал полную аналогию между таким кольцом и вращающимся магнитом. Применение этого принципа к работе моторов дает два вида моторов с сильно различными свойствами, один приспособленный для постоянной нагрузки, а другой для переменной. Ошибочное понимание Д-ра Данкана вызвано тем фактом, что ярко выраженные особенности каждого из этих двух типов не были специально сформулированы. В качестве иллюстрации представителя второго класса, я ссылаюсь на Рис. 1 на странице 1 Electrical Rreview за 12-е Мая. В данном случае, якорь мотора снабжен двумя обмотками под прямыми углами. Потому что требуется симметричное расположение обмоток относительно полюсов. Я буду предполагать, что якорь имеет большое количество диаметрально намотанных обмоток или замкнутых на себя проводников, и образующих много независимых цепей. Давайте теперь предположим, что кольцо постоянно намагничено так, что образует дна полюса (N и S) в двух диаметрально противоположных точках, и что оно вращается от механической энергии. Когда якорь находится в покое, вращение кольцевого магнита будет вызывать токи в замкнутых цепях якоря. Эти токи будут наиболее интенсивны в точках наибольшей плотности силы или вблизи их, и они будут образовывать полюса на якорном сердечнике под прямыми углами к полюсам кольца. Конечно, есть и другие элементы. принимающие участие в работе, которые будут стремиться это изменить, но в данный момент их можно не учитывать. Если рассматривать расположение полюсов на якорном сердечнике, токи, генерируемые в якорных обмотках, всегда будут действовать одинаковым образом и будут постоянно поддерживать полюса сердечника в том же положении, относительно полюсов кольца при любом положении его, и независимо от скорости. В результате притяжения между сердечником и кольцом возникает непрерывное вращающее усилие, постоянное во всех положениях, такое же, как в моторе постоянного тока с большим числом якорных обмоток. Если якорю позволить поворачиваться, он будет вращаться в направлении вращения кольцевого магнита, и индуцированные токи будут уменьшаться с увеличением скорости, до тех пор, пока якорь не достигнет скорости, очень близкой к скорости магнита, когда через обмотки будет течь только количество тока, достаточное, чтобы поддерживать вращение. Если вместо того, чтобы вращать кольцо посредством механической энергии, его полюса будут смещаться за счет действия переменных токов в двух цепях, получиться тот же результат.

Теперь сравним эту систему с системой постоянного тока. В последнем случае мы имеем переменные токи в генераторе и обмотках мотора, и промежуточное устройство для коммутации токов, которое в моторе автоматически выполняет прогрессивное смещение полюсов якоря; здесь мы имеем те же элементы и в точности то же действие, по без коммутирующих устройств. Учитывая тот факт, что эти устройства совершенно ненужны для работы, такая система переменного тока будет — по крайней мере во многих отношениях, — демонстрировать полное сходство с системой постоянного ток, и мотор будет действовать в точности как мотор постоянного тока. Если прилагается нагрузка, то скорость уменьшается, и вращающее усилие соответственно возрастает, и больше токи протекает через возбуждающие обмотки; когда нагрузку убирают, скорость возрастает, и ток, а соответственно и усилие, падает. Усилие, конечно же, является наибольшим, когда якорь находится в покое.

Но раз уж аналогия закончена, то как насчет максимальной эффективности и прохождения токов через цепи, когда мотор работает без нагрузки, может спросить кто-то? Надо помнить, что мы имеем дело с переменными токами. В этом виде мотор просто представляет собой трансформатор, в котором токи индуцируются динамическим действием вместо изменения их направления, и как можно было бы ожидать, эффективность будет максимальной при полной нагрузке. Что касается тока, то в его силе будет — по крайней мере, при соответствующих условиях, — такая же широкая вариация, как в трансформаторе, и при соблюдении определенных правил ее можно уменьшить до любой желаемой величины. Более того, ток, текущий через мотор, работающий па холостом ходу, несравним с поглощаемой энергией, поскольку приборы показывают только численную сумму прямой и индуцированной электродвижущих сил и токов, вместо того, чтобы показывать из разницу.

Что касается другого класса этих моторов, разработанных для постоянной скорости, возражения Д-ра Данкана в определенной мере применимы к некоторым конструкциям, но следует учитывать, что для таких моторов не планировалась их работа без какой-либо, или с очень слабой нагрузкой, и, если это так, они, если сконструированы правильно, не проявляют в этом отношении каких-либо больших недостатков, чем трансформаторы при тех же условиях. Кроме того, оба свойства, вращательное усилие и стремление к постоянной скорости, можно совместить в моторе, и отдать предпочтение любому из них, и таким образом можно получить мотор, имеющий любые нужные характеристики и способный удовлетворить любую практическую потребность.

В заключение, я отмечу, при всем уважении к Д-ру Данкану, что преимущества, на которые претендует моя система, это не просто предположения, но результаты, полученные реально, и что для этих целей в течение долгого

времени проводились эксперименты, и с тем рвением, которое мог придать лишь глубокий интерес к этому изобретению; тем не менее, хотя мой мотор — плод долгого труда и тщательного исследования, я не хочу претендовать на какую-либо другую награду, кроме той, что я изобрел, и я оставляю выяснение истинных законов этого принципа и наилучший способ его применения людям более компетентным, чем я сам. Каков будет результат этих исследований, покажет будущее; но каковы бы они ни были, и к чему бы ни привел этот принцип, я буду полностью вознагражден, если впоследствии будет признано, что я внес свою лепту, пусть и малую, в развитие науки.

НИКОЛА ТЕСЛА

Нью Йорк, 26-е Мая 1888.

2

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ПЕРЕМЕННЫМИ ТОКАМИ ОЧЕНЬ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ К МЕТОДАМ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ*

Нет предмета более увлекательного, более достойного изучения, чем природа. Понять этот великий механизм, открыть действующие силы и законы, которые им управляют — вот высшая цель человеческого разума.

Природа хранит во вселенной бесконечную энергию. Вечный приемник и передатчик этой бесконечной энергии — эфир. Признание существования эфира, а также функций, которые он выполняет — вот один из важнейших результатов современных научных исследований. Один только отказ от идеи действия на расстоянии, предположение существования среды, заполняющей собой все пространство и связующей всю грубую материю, избавило умы мыслителей от извечного сомнения, и, открыв новые горизонты — новые непредвиденные возможности, — возродило живой интерес к давно знакомым нам явлениям. Это явилось великим шагом на пути понимания сил природы и их многообразного проявления перед нашими чувствами. Для просвещенного ученого физика это было тем же, что для варвара — понимание устройства огнестрельного оружия или парового двигателя. Явления, на которые мы привыкли смотреть как на некие чудеса, неподдающееся объяснению, теперь предстают перед нами в ином свете. Разряд индукционной катушки, свечение лампы накаливания, проявления механических сил электрических токов и магнитов — теперь уже не за пределами нашего понимания; наблюдение этих явлений теперь вместо непонимания наводит наш разум на мысли о простом механизме, и хотя о его доподлинной природе можно пока лишь строить догадки, все же мы знаем, что истина уже недолго будет сокрыта от нас, и инстинктивно чувствуем, как на нас понимание нисходит. Мы все так же восхищаемся этими красивыми явлениями, необыкновенными силами, но мы уже более не бессильны перед ними; мы можем в определенной мере объяснить их, и мы надеемся в конце концов разгадать эту тайну, которая окружает нас.

Насколько глубоко мы сможем постичь окружающий нас мирр Эта мысль волнует каждого исследователя природы. Несовершенство наших ощущений не дает нам понять невидимое строение материи, и астрономия — эта величайшая и точнейшая из естественных наук, может лишь описывать происходящее непосредственно рядом с нами; мы ничего не знаем о далеких уголках безграничной вселенной, с её бесчисленными звездами и светилами. Но сила духа может вести нас далеко за пределы восприятия наших чувств, и мы можем надеяться, что даже эти неизвестные миры — безгранично маленькие и большие — в определенной мере откроются нам. И все равно, даже если бы достигли этих знаний, пытливый ум нашел бы препятствие, возможно, непреодолимое совершенно, к истинному пониманию того, что кажется существующим, только лишь видимость чего и есть единственный и очень шаткий фундамент всей нашей философии.

Из всех форм неизмеримой, всепроникающей природной энергии, которая беспрестанно и постоянно меняется и движется, и подобно душе оживляет инертную вселенную, электричество и магнетизм являются самыми пленительными. Действие гравитации, тепла и света мы наблюдаем ежедневно, быстро привыкаем к ним, и очень скоро они перестают удивлять и

---

* Лекция прочитана перед студентами американского института электротехники, в колледже Колумбия, Нью Йорк, 20 Мая, 1891 г.

восхищать нас; но электричество и магнетизм, с их загадочной взаимосвязью, с их, по-видимому, дуалистическим характером, уникальным среди всех сил природы, с их феноменами притяжений, отталкиваний и вращений, странными проявлениями таинственных агентов, возбуждают ум и стимулируют к размышлениям и исследованиям. Что есть электричество и что есть магнетизм? Эти вопросы задаются снова и снова. Над этой проблемой неустанно бились самые талантливые умы, но вопрос так пока и не получил полного ответа. Но хотя даже и сегодня мы не можем сформулировать, что же есть эти необычные силы, все же мы существенно продвинулись в направлении решения данной проблемы. Сейчас мы уверены в том, что электрическое явление и магнетизм являются составляющими эфира и, возможно, мы найдем доказательства утверждению, что действия статического электричества — это действие эфира под давлением, а явления динамического электричества и электромагнетизм — это действие эфира в движении. Но и это предположение не дает ответа на вопрос, — что же такое электричество и магнетизм.

Прежде всего, конечно же, выясним, Что такое электричество, и существует ли такая сущность, как электричество? Истолковывая электрические явления мы можем говорить об электричестве, или электрическом условии, состоянии или воздействии. Если мы говорим об электрических воздействиях, то мы должны различать два вида такого рода воздействий, противоположных по характеру и нейтрализующих друг друга, так как исследования показывают существование этих двух противоположных воздействий. И это неизбежно, т.к. в среде со свойствами эфира мы, не можем вызвать напряжение или произвести какое-либо перемещение или движение без того, чтобы не вызвать в окружающей среде равнозначное и противоположное действие. Но если мы говорим об электричестве, как о сущности, то мы должны, я полагаю, отказаться от идеи о существовании двух электричеств, поскольку существование двух таких сущностей крайне маловероятно. Возможно ли представить себе существование двух сущностей, равных друг другу по величине, похожих по свойствам, но противоположного характера, причем обе прилипают к материи, обе обладают притягиваются и полностью нейтрализуют друг друга? Подобное предположение, несмотря на то, что многие явления наводят на эту мысль, и что иногда очень удобно именно таким образом их объяснять, мало чем привлекает. Если есть такая сущность как электричество, то она может существовать только одна, и еще, возможно, ее избыток или недостаток; но более вероятно, что положительный и отрицательный признаки определяет ее состояние. Старая теория Франклина, хотя и имеющая недостатки в некоторых отношениях, с определенной точки зрения является наиболее правдоподобной. И все же, несмотря на все это, теория о существовании двух электричеств в целом принимается, т.к. она объясняет электрические явления наиболее удовлетворительно. Но теория, лучше всего объясняющая факты, совсем необязательно является верной. Искусные умы придумывают теорию, которая соответствует наблюдениям, и почти у каждого независимого мыслителя будет своя собственная точка зрения на предмет.

Моя цель не просто высказать мнение, мне хочется лучше познакомить вас, хотя бы коротко, с некоторыми результатами, которым я собираюсь описать, чтобы показать ход моих рассуждений, отправные точки, с которых я рискнул двинуться вперед, а также представить мнения и суждения, которые привели меня к этим результатам.

Я совершенно уверен в том, что существует сущность, которую мы привыкли называть электричеством. Вопрос в том, Что это за сущность? Или какую из всех сущностей, о существовании которых мы знаем, мы с наибольшими основаниями можем назвать электричеством? Мы знаем, что оно ведет себя, как не сжимающаяся жидкость; что в природе должно существовать его постоянное количество; что его нельзя ни создать, ни уничтожить; и что самое главное, электромагнитная теория света и все рассмотренные научные факты приводят нас к выводу о том, что явления электричества и эфира идентичны. Таким образом, сразу возникает мысль, что электричество может называться эфиром. На самом деле, эта идея в определенном смысле выдвигалась Доктором Лоджем. Его интересную работу прочли все, и многих его аргументы убедили. Высокая одаренность Доктора Лоджа и занимательная суть предмета очаровывают читателя; но когда спадает первое впечатление, читатель понимает, что

ему предложили не более чем оригинальные объяснения. Я должен признаться, что не могу поверить в два электричества и еще меньше верю я в существование "двойного" эфира. Загадочность поведения эфира, когда он ведет себя как твердое тело по отношению к волнам света и тепла и как жидкость по отношению к движению тел сквозь него, конечно, наиболее понятно и удовлетворительно объясняется, по предложению сэра Уильяма Томсона, тем, что он эфир находится в движении. Тем не менее, не взирая на это, не существует оснований, которые позволили бы нам уверенно заключить, что хотя жидкость не может передавать поперечные вибрации в нескольких сот или тысяч в секунду, она не сможет передавать подобные вибрации, если они будут в диапазоне сотен миллиона миллионов в секунду. Также никто не может доказать и что есть поперечные волны эфира, испускаемые машиной переменного тока, дающей небольшое количество перемен в секунду; для таких медленных вибраций, эфир, если он находился в состоянии покоя, может вести себя как истинная жидкость.

Возвращаясь к нашему предмету, и не забывая о том, что существование двух электричеств по меньшей мере крайне маловероятно, мы должны помнить о том, что у нас нет никаких доказательств существования электричества, и мы не можем надеяться получить их, если нет грубой материи. Таким образом, электричество не может быть названо эфиром в широком смысле этого понятия; однако, ничто не может воспрепятствовать тому, чтобы назвать электричество эфиром, соединенным с материей, или связанным эфиром. Говоря другими словами, что так называемый статический заряд молекулы — это эфир, определенным образом соединенный с молекулой. Рассматривая предмет в этом свете, мы были бы вправе сказать, что электричество имеет отношение ко всем молекулярным [взаимо-] действиям.

Сейчас мы можем только строить догадки, что в точности есть эфир, окружающий молекулы, и чем он отличается от эфира вообще. Он не может отличаться по плотности, так как эфир несжимаем; поэтому он должен находиться под неким напряжением или в движении, и последнее наиболее вероятно. Для того, чтобы понять его функции, нужно точное представление о физическом строении материи, о чем мы, конечно же, можем составить только мысленный образ.

Но изо всех точек зрения на природу, только та, которая предполагает существование одной материи и одной силы, и совершенное единообразие во всем, является наиболее научной и с наибольшей вероятностью истинной. Бесконечно малый мир, с молекулами и их атомами, вращающимися и движущимися по орбитам, во многом подобно небесным телам, несущими с собой, а вероятно и вращающими вместе с собой, эфир, или другими словами, несущими с собой электростатические заряды, представляется мне наиболее вероятной точкой зрения, и такой, которая правдоподобным образом объясняет большинство из наблюдаемых явлений. Вращение молекул и их эфира вызывает напряжения эфира или электростатические деформации; уравнивание напряжений эфира вызывает движения эфира или электрические токи, а орбитальные движения молекул производят действия электро- и постоянного магнетизма.

Около пятнадцати лет назад Профессор Рауланд продемонстрировал самый интересный и важный факт, а именно, что движущийся статический заряд порождает эффекты электрического тока. Опуская рассмотрение точной природы механизма, который производит притяжение и отталкивание токов, и представляя себе электростатически заряженные молекулы в движении, мы исходя из этого экспериментального факта можем получить ясное представление магнетизме. Мы можем представить себе линии или трубки физически существующей силы, состоящие из рядов направленно движущихся молекул. Можно видеть, что эти линии должны быть замкнутыми, иметь тенденцию к сжатию и расширению и т.п.. Это также разумно объясняет самое загадочное из всех явлений — постоянный магнетизм, и в целом обладает всеми достоинствами теории Ампера не имея при этом ее рокового недостатка, а именно, предположения о молекулярных токах. Не вдаваясь далее в этот предмет, мне бы хотелось сказать, что я рассматриваю все явления: электростатическое, ток и магнетическое, как существующие благодаря электростатическим молекулярным силам.

Вышеизложенные замечания я полагаю необходимыми для полного понимания предмета в том виде, как он представляется мне.

Из всех этих явлений самым важным для изучения является явление тока, потому что уже сегодня применение потоков в промышленных целях широко распространено и быстро растет. После создания первого практического источника тока прошло сто лет, и все это время явления, которые сопровождает течение токов, тщательно изучалось; и благодаря неустанным усилиям ученых мужей были открыты простые законы, которые управляют этими явлениями. Но эти законы хорошо работают, только когда токи носят постоянный характер. Когда же токи быстро изменяются по силе, то наблюдается совсем другие явления, часто совсем неожиданные, и становятся справедливыми совершенно другие законы, которые до сих пор еще не изучены столь полно, как того бы хотелось, хотя благодаря исследованиям преимущественно английских ученых были уже получены важные знания по данному предмету, которые дают нам возможность разбирать простые случаи, встречающиеся в ежедневной практике.

Явления, присущие меняющемуся характеру токов, существенно усиливаются, когда возрастает скорость изменения, поэтому исследование этих токов значительно облегчается при использовании специально созданного аппарата. Я ориентировался на эту и другие цели, когда создавал машины переменного тока, способные давать более двух миллионов обращений тока в минуту и, главным образом благодаря этому обстоятельству я могу представить вашему вниманию некоторые полученные к настоящему моменту результаты, которые, как я надеюсь, станут шагом в продвижении вперед по причине их прямого отношения к одной из самых важных проблем, а именно, созданию практического и эффективного источника света.

Исследование быстро переменяющихся токов очень интересно. Почти каждый эксперимент открывает что-то новое. Многие результаты, конечно же, можно предсказать, но неожиданных гораздо больше. Экспериментатор делает множество интересных наблюдений. К примеру, мы берем кусочек металла и подносим его к магниту. Начиная с низких чередований, становящихся все чаще и чаще, мы ощущаем импульсы, сменяющие друг друга быстрее и быстрее, становясь при этом слабее и слабее, и в конце концов исчезающие. Затем мы наблюдаем постоянное притяжение; притяжение, конечно, не является непрерывным, оно только кажется нам таковым; наши чувство осязания несовершенно.

Далее, мы можем установить дугу между электродами и наблюдать, при росте чередований, как звук, присущий переменным электрическим дугам, становится все пронзительнее и пронзительнее, постепенно ослабевает и наконец прекращается. Воздушные вибрации, конечно же, продолжаются, но они очень слабы для восприятия; наше чувство слуха подводит пас.

Мы наблюдаем незначительные физиологические эффекты, быстрое нагревание железных сердечников и проводов, любопытные индукционные эффекты, интересные эффекты конденсатора, и еще более интересные световые явления при высоком напряжении индукционной катушки. Все эти эксперименты и наблюдения представляют огромный интерес для студента, но их подробное описание увело бы меня слишком далеко от главного предмета. Отчасти по этой причине, а отчасти вследствие их огромной важности, я ограничусь описанием световых явлений, производимых этими токами.

Для этой цели в экспериментах используется индукционная катушка высокого напряжения или эквивалентный аппарат для преобразования токов сравнительно низкого напряжения в токи высокого напряжения.

Если вам в достаточно мере будут интересны результаты, то я расскажу вам, как подойти к экспериментальному изучению этого предмета; если вы уверитесь в истинности аргументов, которые я выдвину, то вашей целью будет получение высоких частот и высокого напряжения; другими словами, мощных электростатических эффектов. Вы встретите множество трудностей, которые, если их полностью преодолеть, позволят добиться поистине удивительных результатов.

Первой встретится трудность получения нужных частот с помощью механического аппарата, а если они получаются иным способом, то встают препятствия другого характера. Следующей трудностью будет обеспечение необходимой изоляции, без существенного увеличения размеров аппарата, потому что требуемые потенциалы высоки, и в связи с

быстротой чередования изоляция представляет определенную трудность. Так, например, присутствие газа может привести, из-за бомбардировки молекул газа и, как следствие, нагрева, к разряду даже через дюйм лучшего твердого изоляционного материала, таких как стекло, эбонит, фарфор, сургуч и т.п.; в действительности, через любой известный изоляционный материал. Главным требованием к изоляции аппарата является, таким образом, удаление любой газообразной материи.

В целом, мой опыт показывает, что вещества, обладающие наибольшей диэлектрической проницаемостью, такие как стекло, обеспечивают довольно плохую изоляцию по сравнению с веществами, которые, хотя и являются хорошими изоляторами, обладают гораздо меньшей диэлектрической проницаемостью, такие как например масло, при этом диэлектрические потери в первом без сомнения выше. Трудность с изоляцией, конечно, есть лишь в том случае, когда потенциалы чрезмерно высоки, потому что при потенциалах в несколько тысяч вольт не встречается особых трудностей при передаче на достаточное расстояние тока от машины, дающей, скажем, 20,000 перемен в секунду. Однако, такое число перемен для многих целей слишком мало, хотя и оказывается достаточным для некоторых практических применений. Эта сложность с изоляцией, к счастью, не является принципиальной помехой; она влияет главным

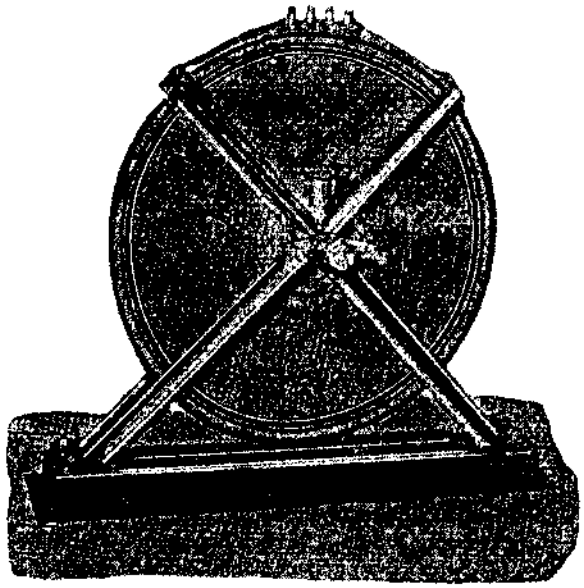


Рис. 1.

образом на размеры аппарата, потому что когда будут использоваться очень высокие потенциалы, то дающие свет устройства будут располагаться недалеко от аппарата, а часто и очень близко к нему. Так как воздушная бомбардировка изолированного провода зависит от эффекта конденсатора, то потерю можно уменьшить до минимума, если использовать очень хорошо заизолированные тонкие провода.

Ещё одна трудность будет с емкостью и самоиндукцией, которыми непременно обладает катушка. Если катушка большая, то есть если на ней намотан очень длинный провод, то она вообще не подойдет для очень высоких частот; а если она маленькая, то она будет хорошо работать на высоких частотах, но потенциал, при этом, будет не такой высокий, как хотелось бы. Хороший изолятор, предпочтительно с малой диэлектрической проницаемостью, даст нам двойное преимущество. Во-первых, он даст возможность создать маленькую катушку, способную выдерживать огромные разности потенциалов. А во-вторых, такая маленькая катушка, по причине её меньшей емкости и самоиндукции, будет способна на более быстрые и интенсивные вибрации. Поэтому к вопросу создания катушки или любого рода индукционного

аппарата, обладающего необходимыми качествами я относился очень серьезно и работал над этим достаточно долгое время.

Исследователь, желающий повторить описываемые эксперименты с машиной переменного тока, способной давать токи нужной частоты, и индукционной катушкой, добьется успеха, если вынет первичную катушку и соберет вторичную таким образом, чтобы можно было смотреть сквозь трубку, вокруг которой намотана вторичная обмотка. Он сможет наблюдать потоки, проходящие от первичной обмотки к изоляционной трубке и по их интенсивности сможет понять, докуда можно поднимать напряжение на катушке. Без этой меры предосторожности он наверняка повредит изоляцию. Такая компоновка, помимо прочего, позволяет легко менять первичные обмотки, что в этих экспериментах весьма желательно.

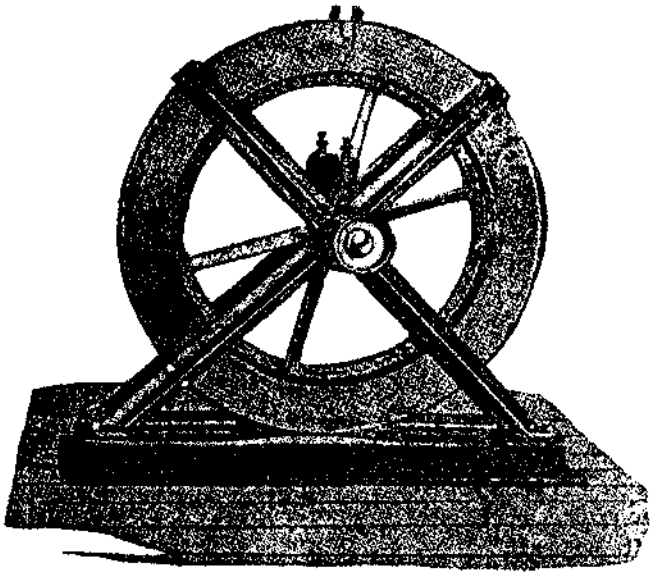


Рис. 2.

Выбор типа машины, наиболее подходящего для целей опытов, должен быть предоставлен экспериментатору. Здесь представлено три различных типа машин, которые, не считая всех остальных, я в своих опытах использовал.

На рисунке 1 изображена машина, которую я использовал в экспериментах, демонстрируемых в этом Институте. Возбуждающий электромагнит состоит из кольца из кованого железа, имеющего 384 полюсных наконечника. Якорь состоит из стального диска, на котором закреплен тонкий, хорошо провареный сваркой обод из кованого железа. На обод намотано несколько слоев тонкой, хорошо отожженой железной проволоки, которая во время намотки проходит через шеллак. Провода якоря намотаны вокруг латунных штырей, обернутых шелковой нитью. Диаметр проволоки якоря в машине данного типа не должен превышать 1/4 толщины полюсных наконечников, в противном случае будет достаточно сильным локальное воздействие.

На рис.2 представлена бо́льшая машина другого типа. Возбуждающий магнит этой машины состоит из двух одинаковых частей, которые либо окружают собой катушку возбуждения, либо же наматываются независимо. Каждая часть имеет 480 полюсных наконечника, причем наконечники одной расположены против наконечников другой. Якорь состоит из колеса, сделанного из твердой бронзы и несущего на себе проводники, которое вращается между наконечниками возбуждающего магнита. Для намотки проводников якоря *я* нашел самым удобным следующий способ способ. Я изготовил из твердой бронзы кольцо нужного размера. Это кольцо и обод колеса были снабжены нужным количеством штырьков, и

оба закреплены на плоскости. Когда проводники якоря был намотаны, штырьки срезались, и концы проводов закреплялись двумя кольцами, которые, соответственно, привинчивались к бронзовому кольцу и ободу колеса. После этого все можно было снимать, оно составляло прочную конструкцию. Проводники в такой машине должны делаться из листовой меди, толщина которой, кончено, зависит от толщины полюсных наконечников; или же следует использовать тонкие переплетенные провода.

На рис.3 показана машина меньшего размера, во многом похожая на предыдущую, только здесь поводники якоря и катушка возбуждения закреплена неподвижно, а только вращается болванка из кованого железа.

Если бы я пустился в дальнейшие подробности конструкции этих машин, это только излишне удлиннило бы это описание. Кроме того, они были несколько более глубоко описаны в Electrical Engineer за 18 Марта 1891 года. Однако, я полагаю, совсем неплохо было бы привлечь внимание исследователя к двум моментам. Хотя важность их и самоочевидна, исследователь, тем не менее, склонен их недооценивать. А именно, это локальное воздействие

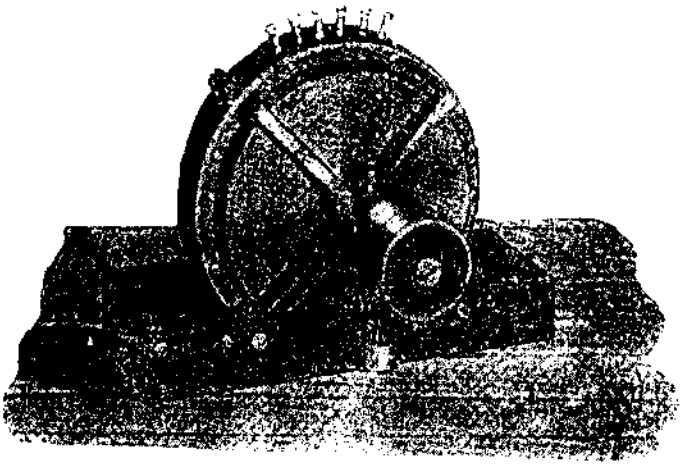


Рис. 3.

в проводниках, которого ни в коем случае нельзя допускать, и зазор, который должен быть мал. Я могу добавить, что ввиду желательности использования высоких периферийных скоростей якорь следует делать очень большого диаметра, чтобы избежать трудноосуществимых скоростей приводных ремней. Из нескольких типов этих машин, сделанных мною, с машиной, изображенной на Рис. 1, у меня возникло всех меньше проблем при создании и сборке, как впрочем и при обслуживании ее, да и в целом, это была хорошая экспериментальная машина.

При работе с индукционной катушкой при очень быстро переменяющихся токах среди отмеченных первыми световых явлений были, конечно, те, что производились разрядами высокого напряжения. Когда число чередований в секунду увеличивается, или же когда — при их высоком числе — изменяется ток через первичную обмотку, разряд постепенно менялся в своих проявлениях. Было бы трудно описать все происходящие второстепенные изменения, а так же условия, которые их вызывают, но можно выделить пять очевидных форм разряда.

Сначала можно наблюдать слабый, чувствительный разряд в виде топкой слабо окрашенной нити (рис. 4а). Этот разряд появляется всегда, когда, при большом числе перемен в секунду, ток через первичную обмотку очень мал. Несмотря на чрезвычайно малый ток, скорость изменения велика, и разность напряжений на концах вторичной обмотки поэтому значительна, так что дуга устанавливается на больших расстояниях; но приведенное в движение количество "электричества" незначительно, едва лишь достаточное, чтобы поддерживать очень

тонкую нитевидную дугу. Она чрезвычайно чувствительна, и ее можно довести до состояния, когда на нее будет действовать даже одно лишь дыхание вблизи катушки, и если ее не защитить как следует от потоков воздуха, она постоянно будет извиваться. Тем не менее, в этом виде она чрезвычайно стойкая, и если выводы сблизить, скажем, на одну треть разрядного расстояния, то сдуть её можно будет только с очень большим трудом. Эта исключительная устойчивость дуги, когда она короткая, в основном обусловлена тем, что она чрезвычайно тонка, и поэтому являет потоку воздуха очень малую поверхность. А ее огромная чувствительность, когда она очень длинная, обусловлена вероятно движением частиц пыли, взвешенных в воздухе.

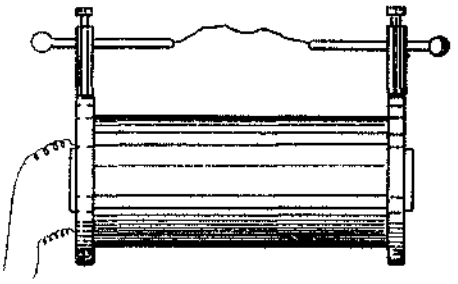


Рис. 4а.

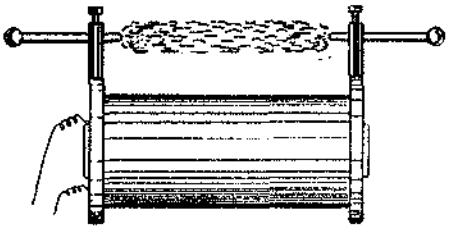


Рис. 4Ь.

Когда ток через первичную обмотку возрастает, разряд становится шире и сильнее, и эффект емкости катушки становится видимым до тех пор, когда, наконец, при определенных условиях не образуется белая яркая дуга, рис.4Ь, часто толщиной в палец и бьющая через всю катушку. Она выделяет значительное тепло и еще может характеризоваться отсутствием высокого звука, который сопровождает менее мощные разряды. Получить удар от катушки при данных условиях я бы не советовал, хотя при других условиях, [даже] когда напряжение выше, удар от катушки можно получить безо всяких последствий. Чтобы произвести разряд такого рода, число перемен в секунду не должно быть слишком велико для данной используемой катушки; а, вообще, говоря, должны соблюдаться определенные отношения между емкостью, самоиндукцией и частотой.

Важность этих элементов в цепи переменного тока сегодня хорошо известна, и при обычных условиях применимы общие правила. Но в индукционной катушке преобладают исключительные условия. Во-первых, самоиндукция до установления дуги мало важна, когда она уже предъявляет свои права, но, по-видимому, никогда не столь явно, как в обычных цепях переменного тока, потому что емкость распределена по всей катушке, и по причине того, что катушка обычно разряжается через очень большие сопротивления; отсюда токи чрезвычайно малы. Во-вторых, емкость постоянно растет в увеличением потенциала, в результате поглощения, которое проявляется в значительной степени. Благодаря этому не существует критической взаимосвязи между этими величинами, и по-видимому обычные правила неприменимы. Как только потенциал увеличивается — вследствие либо увеличившейся частоты, либо возросшего тока через первичную обмотку, количество хранимой энергии становится больше и больше, и емкость приобретает все бо́льшую и бо́льшую значимость. До определенной точки емкость полезна, но после нее становится огромной помехой. Это следует из того, что каждая катушка дает наилучший результат при определенных частоте и первичном токе. Очень большая катушка, при работе с токами очень высокой частоты, может не давать искру и в $^{1}/_{8}$ дюйма. Подключая к выводам емкость, ситуацию можно улучшить, но что на самом деле катушке требуется — это более низкая частота.

При возникновении яркого разряда условия очевидно таковы, что через цепь заставляют течь самый большой ток. Этих условий можно достичь меняя в широких пределах частоту, но, при заданном первичном токе, самая высо́кая частота, при которой все еще может образовываться яркая дуга, определяет максимальное разрядное расстояние катушки. При ярком разряде сильных эффектов емкости незаметно; тогда скорость, с которой энергия

накапливается, просто равна скорости, с которой она может сбрасывается через цепь. Такой разряд является самым суровым испытанием для катушки; если происходит пробой, то как в слишком сильно заряженной Лейденской банке. Для грубого приближения могу сказать, что с обычной катушкой, с сопротивлением, скажем, в 10,000 Ом, самая мощная дуга получается примерно при 12,000 переменах в секунду.

Когда частота возрастает за пределы этого значения, потенциал, конечно же, возрастает, но разрядное расстояние может, тем не менее, сократиться, сколь бы парадоксальным это не выглядело. По мере роста потенциала катушка все больше и больше приобретает свойства статической машины, до тех пор, пока, наконец, нашему взору не предстанет прекрасное явление — потоковый разряд, рис. 5, который может получаться во всю длину катушки. На этом этапе потоки начинают свободно исходить из всех острий и выступов. Множество потоков можно также увидеть в пространстве между первичной обмоткой и изоляционной трубкой. Если потенциал слишком высок, то они будут появляться всегда, даже при низкой частоте, и даже если первичная обмотка заизолирована дюймом сургуча, твердой резины, стекла или другого изолирующего материала. Это очень существенно ограничивает выход катушки, но позже я покажу, каким образом мне удалось в значительной степени преодолеть этот недостаток в обычной катушке.

Помимо напряжения, интенсивность потоков зависит еще от частоты; но если катушка будет очень большая, то они появятся, неважно, сколь низкие используются частоты. Например, в очень большой катушке, сопротивлением 67,000 Ом, которую я сделал некоторое время назад, они появлялись при столь низкой частоте как 100 перемен в секунду и менее, причем изоляцию вторичной обмотки составляли 3/4 дюйма эбонита. Когда они сильные, то издают звук, похожий на тот, что производит машина Гольца при зарядке, но только более мощный, и они испускают сильный запах озона. Чем ниже частота, тем больше вероятность, что они внезапно повредят катушку. При очень высоких частотах они свободно могут проходить, не вызывая никакого эффекта, кроме медленного и равномерного нагрева изоляции.

Существование этих потоков подтверждает важность создания дорогостоящей катушки, которая позволяла бы смотреть сквозь трубку, окружающую первичную обмотку, и легко заменять первичную обмотку. Или же пространство между первичной и вторичной обмотками

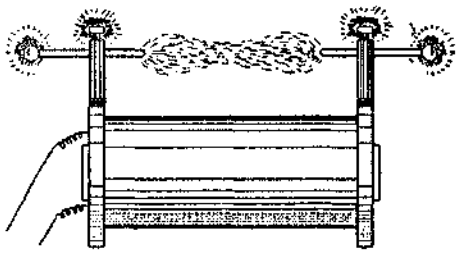


Рис. 5.

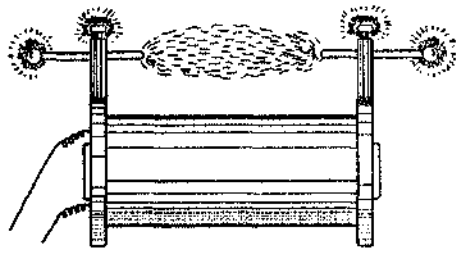


Рис. 6.

должно было бы полностью заполнено изоляционным материалом, чтобы исключить любое присутствие воздуха. Несоблюдение этого простого правила при создании коммерческих катушек приводит к разрушению многих дорогостоящих катушек.

На этапе, когда возникает потоковый разряд, или при еще бо́льших частотах, можно достаточно сильно сближая разрядные стержни и соответственно регулируя эффект емкости, произвести настоящие брызги из маленьких серебристо-белых искр, или же получить пучок чрезвычайно тонких серебристых нитей (Рис. 6) посреди мощной щетки — каждая искра или нить возможно соответствует одному чередованию. Это явление, получаемое при определенных условиях, является, наверное, самым красивым разрядом, а когда против него направлена струя воздуха, оно представляет необыкновенное зрелище. Брызги искр, попадающие на тело,

вызывают неприятные ощущения, тогда как, если разряд просто течет, ничего подобного не ощущается, если держать в руках большие проводящие предметы для защиты от получения небольших ожогов.

Если частоту увеличить еще больше, то катушка не даст никакой искры, если только на сравнительно малых расстояниях, и можно наблюдать пятую типичную форму разряда (рис. 7). Тенденция к истечению и рассеянию тогда настолько велика, что когда образуется щетка на одном из разрядных стержней, то искрение отсутствует, даже в том случае, если неоднократно, трогать их рукой, как я делал, или же держать какой-нибудь проводящий предмет внутри, потока; но что еще более необычно, светящийся поток было совсем не легко искривить, поднося к нему проводящее тело.

На этой стадии потоки, видимо, совершенно свободно проходят через изоляцию значительной толщины, и особенно интересно изучить их поведение. Для этой цели удобно подсоединить к контактам катушки два металлических шара, которые можно помещать на любом желаемом расстоянии, Рис. 8. Шары предпочтительнее, чем пластины, так как в этом случае можно лучше наблюдать разряд. Внося диэлектрические тела между шарами, можно наблюдать красивые явления разряда. Если шары расположены достаточно близко, и искра играет между ними, то при внесении между ними тонкой эбонитовой пластинки искра, немедленно исчезает, и разряд расширяется в интенсивно светящийся круг нескольких дюймов в диаметре, если шары достаточно большие. Прохождение потоков нагревает и через некоторое

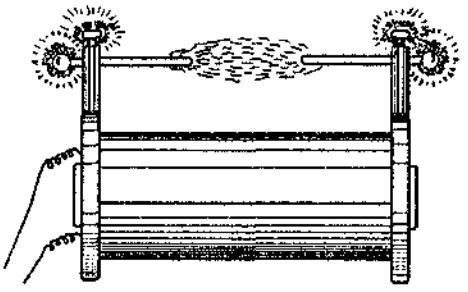


Рис. 7.

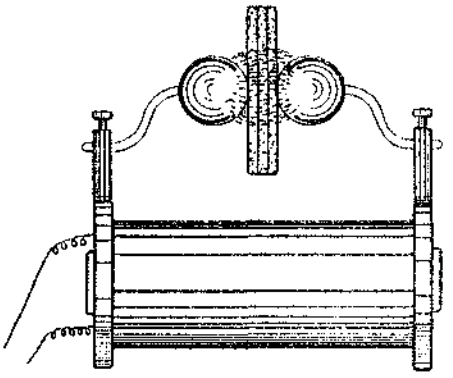


Рис. 8.

время размягчает резину настолько, что этим способом можно склеить вместе две пластины. Если шары расположены настолько далеко друг от друга, что искры между ними нет, и даже если они расположены за пределами разрядного расстояния, внесение толстой пластины из стекла сразу возбуждает разряд, идущий от шаров к стеклу в форме светящихся потоков. Кажется почти, будто эти потоки проходят через диэлектрик. На самом деле это не так, потому что потоки существуют благодаря молекулам воздуха, которые чрезвычайно возбуждаются в пространстве между противоположно заряженными поверхностями шаров. Когда нет никакого другого диэлектрика, кроме воздуха, бомбардировка идет, но она очень слабая, чтобы её можно было увидеть; от внесения диэлектрика индукционный эффект сильно увеличивается и, кроме того, летящие молекулы воздуха встречают препятствие, и бомбардировка становится настолько интенсивной, что потоки начинают светиться. Если бы мы могли каким-нибудь механическим способом вызвать такое чрезвычайное возбуждение молекул, то могли бы получить такое же явление. Струя воздуха, вытекающего через небольшое отверстие под огромным давлением и ударяющаяся об изоляционный материал, такой как стекло, может светиться в темноте, и может быть возможным получить таким способом фосфоресценцию стекла или других изоляторов.

Чем выше диэлектрическая проницаемость вносимого диэлектрика, тем мощнее производимый эффект. Благодаря этому потоки проявляются при чрезвычайно высоких потенциалах, даже при толщине стекла от полтора до двух дюймов. Но кроме нагревания,

вызванного бомбардировкой, определенное нагревание идет, без сомнения, и в диэлектрике, причем в стекле значительно больше, чем в эбоните. Я отношу это явление к большей диэлектрической проницаемости у стекла, вследствие которой, при одинаковой разности потенциалов, в стекло вбирается большее количество энергии, чем в резину. Это как если подсоединить к батарее медный и латунный провода одинаковых размеров. Медный провод, хотя и являясь более совершенным проводником, будет нагреваться сильнее, по причине того, что вбирает больше тока. Таким образом, то, что в иных обстоятельствах является положительным качество стекла, здесь превращается в недостаток. Стекло обычно дает дорогу [пробою] гораздо быстрее, чем эбонит; когда оно нагревается до определенной степени, разряд внезапно пробивает через [него] в определенной точке, принимая затем форму обычной дуги.

Эффект нагрева, вызванный молекулярной бомбардировкой диэлектрика, конечно, уменьшился бы, при повышении давления воздуха, и при огромном давлении он стал бы ничтожен, если соответственно не увеличить частоту.

В этих экспериментах мы можем часто наблюдать, что если шары расположены за пределами разрядного расстояния, то приближение, например, стеклянной пластины может индуцировать искру, проскакивающую между шарами. Это происходит, когда емкость шаров несколько ниже критического значения, дающего самую большую разницу потенциалов на выходах катушки. Приближение диэлектрика увеличивает диэлектрическую проницаемость пространства между шарами, давая такой же эффект, как если бы увеличивалась емкость шаров. Напряжение на выводах может тогда вырасти настолько, что воздушное пространство пробивается. Эксперимент лучше всего производить с плотным стеклом или слюдой.

Еще одно интересное наблюдение с пластиной из изоляционного материала: когда разряд проходит через нее, она сильно притягивается одним из шаров, а именно тем, который ближе к ней. Это обусловлено, очевидно, меньшим механическим действием бомбардировки с той стороны, и, возможно, также большей электризацией.

Из поведения диэлектриков в этих экспериментах мы можем сделать вывод, что наилучшим изолятором для этих быстро переменяющихся токов был бы именно тот, который обладал бы наименьшей диэлектрической проницаемостью и в тоже время мог выдерживать самую большую разность потенциалов. Это, таким образом, указывает нам два диаметрально противоположных способа обеспечения нужной изоляции, а именно: использовать либо хороший вакуум, либо газ под большим давлением; но первое было бы предпочтительнее. К сожалению, ни один из этих двух способов не осуществим легко на практике.

Особенно интересно отметить поведение очень высокого вакуума в этих экспериментах. Если тестовую трубку с внешними электродами и откачанную до наивысшей возможной степени подсоединить к выводам катушки (Рис.9), то электроды трубки немедленно нагреются до высокой температуры, и стекло на каждом конце трубки будет сильно фосфоресцировать, но середина трубки оказывается сравнительно темной и некоторое время остается холодной.

Когда частота настолько высока, что наблюдается разряд, показанный на Рис. 7, в катушке, без сомнения, происходит значительное рассеивание. Тем не менее катушка может работать длительное время, потому что нагревание постепенное.

Несмотря на то, что разность потенциалов может быть огромной, мало что чувствуешь, когда разряд проходит сквозь тело, если защищены руки. Это происходит в некоторой степени благодаря более высокой частоте, но в основном из-за того, что во вне становится меньше энергии, когда разность потенциалов достигает огромной величины, благодаря тому обстоятельству, что с ростом потенциала энергия, поглощаемая катушкой, растет как квадрат потенциала. До определенного момента энергия во вне увеличивается вместе с ростом потенциала, затем она начинает быстро спадать. Таким образом, в действии обыкновенной индукционной катушки высокого напряжения существует любопытный парадокс: в то время как при определенном токе через первичную обмотку удар может оказаться фатальным, при токе во много раз сильнее этого он может быть совершенно безвредным, даже если частота одинакова. При высоких частотах и чрезвычайно высоких потенциалах, когда выходы катушки не подсоединены к некоторого размера предметам, практически вся энергия, подаваемая в

первичную обмотку, забирается катушкой. Не наблюдается ни пробоя, ни местных повреждений, но весь материал, изоляционный и проводящий, однородно нагревается.

Во избежание недоразумений в отношении физиологического действия переменных токов очень высокой частоты я считаю необходимым сказать, что хотя они, бесспорно, несравненно менее опасны, чем токи низкой частоты, не следует всё же полагать, что они совсем безвредны. Вышесказанное относится исключительно к токам от обыкновенной индукционной катушки высокого напряжения, токи которой обязательно очень малы; тики же, получаемые непосредственно от машины или от вторичной обмотки с низким сопротивлением производят более или менее мощные воздействия и могут нанести серьезные повреждения, особенно если при этом используются еще и конденсаторы.

Потоковый разряд индукционной катушки высокого напряжения отличается во многих отношениях от разряда мощной электростатической машины. Он не имеет ни фиолетового свечения положительного, ни яркости отрицательного статического разряда, но представляет собой нечто среднее, будучи, конечно, попеременно положительным и отрицательным. Но так как утечка потоков более интенсивна, когда острие или вывод катушки заряжен положительно, чем когда он заряжен отрицательно, то из этого следует, что вершина щётки более похожа па положительный, а ее основание — на отрицательный статический разряд. В темноте, если этот разряд очень мощный, основание "щётки" кажется почти белым. Движение воздуха, вызванное истечением потоков, хотя и может быть очень сильным — часто до такой степени, что его

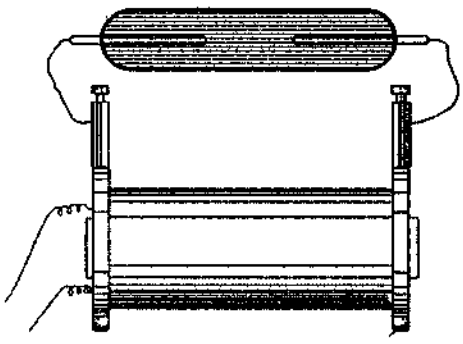


Рис. 9.

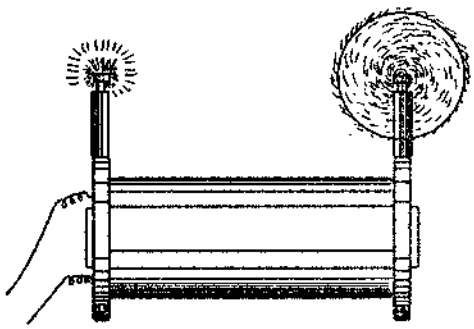


Рис. 10.

можно ощутить на приличном расстоянии от катушки, — тем не менее, учитывая величину разряда, меньше, чем получается от положительной щётки от электростатической машины. И влияет на яркость свечения гораздо менее мощно. Исходя из природы данного явления мы можем заключить, что чем выше частота, тем меньше должно быть, конечно же, движение воздуха, вызываемое потоками, и при достаточно высоких частотах не будет наблюдаться никакого движения воздуха при условиях нормального атмосферного давления.

При частотах, получаемых посредством машины, механический эффект достаточно велик, чтобы вращать со значительной скоростью большие колесики, которые в темноте являют собой прекрасное зрелище, благодаря обилию потоков (Рис. 10).

В общем, многие эксперименты, обычно проводимые с электростатической машиной, можно провести и с индукционной катушкой, работающей от быстро переменяющихся токов. Получаемые результаты, однако, гораздо более поразительны и обладают несравнимо большей силой. Когда небольшой кусок обычного провода с хлопчатобумажной изоляционной обмоткой, Рис. 11, присоединяют к одному выводу катушки, потоки, исходящие изо всех точек провода, могут быть столь интенсивными, что производят значительный световой эффект. Когда потенциалы и частоты очень высоки, провод, изолированный гуттаперчей или резиной и присоединенный к одному из выводов, кажется покрытым светящейся пленкой. Очень тонкий оголенный провод, присоединенный к выводу, испускает мощные потоки и постоянно вибрирует взад и вперед или описывает круг, что производит необычный эффект (Рис. 12).

Некоторые из этих экспериментов были описаны мною в The Electrical World от 21 февраля 1891 года.

Другая особенность быстро чередующегося разряда индукционной катушки — это его совершенно другое поведение по отношению к остриям и к закругленным поверхностям.

Если толстый провод с шариком на одном конце и острием на другом подсоединить к положительному выводу электростатической машины, утечка практически всего заряда произойдет через острие по причине неизмеримо более высокого напряжения, зависящего от радиуса кривизны. Но если такой провод подсоединить к одному из выходов индукционной катушки, то можно наблюдать, что при очень высоких частотах потоки испускаются из шара так же обильно, как и из острия (Рис. 13).

Трудно представить, что мы могли бы добиться в равной степени такого же результата и электростатической машине, по той простой причине, что напряжение увеличивается как квадрат плотности, которая в свою очередь пропорциональна радиусу кривизны. Следовательно, при постоянном потенциале потребовался бы огромный заряд, чтобы заставить потоки идти из полированного шара когда он соединен с острием. Но в случае с индукционной катушкой, разряд которой с большой быстротой чередуется, дело обстоит по-другому. Здесь мы имеем дело с двумя разными тенденциями. Во-первых, есть тенденция к утечке, которая

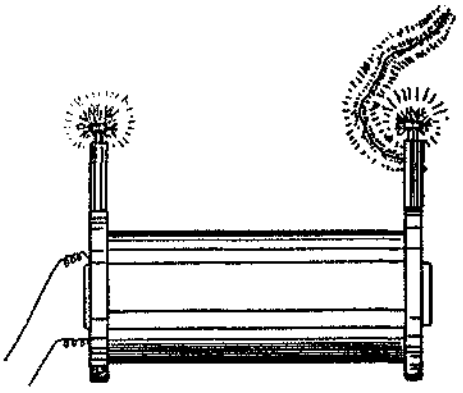


Рис. 11.

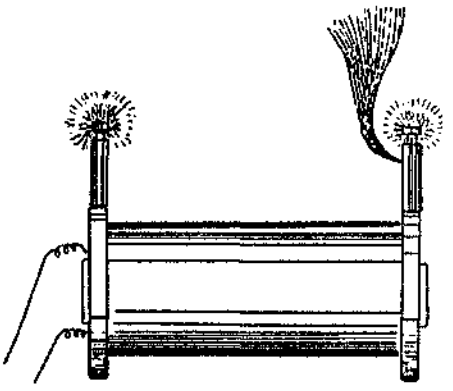


Рис. 12.

существует в состоянии покоя и зависит от радиуса кривизны; во-вторых, есть тенденция к рассеиванию в окружающий воздух от эффекта конденсатора, которая зависит от поверхности. Когда одна из этих тенденций достигает максимума, другая находится в минимуме. На острие световой поток возникает в основном благодаря тому, что молекулы воздуха вступают в физический контакт с острием; они притягиваются и отталкиваются, заряжаются и разряжаются, и их атомные заряды таким образом возмущаются, вибрируют и испускают световые волны. На шаре, напротив, этот эффект без сомнений производится в огромной степени индуктивно, и молекулы воздуха не обязательно вступают в контакт с шаром, хотя это, несомненно, происходит. Чтобы убедиться в этом, нам необходимо лишь усилить действие конденсатора, например, окружив шар на некотором расстоянии лучшим проводником, чем окружающая среда, при этом данный проводник, конечно, должен быть изолирован. Или его можно также окружить лучшим диэлектриком и приблизить изолированный проводник; в обоих случаях потоки будут испускаться обильнее. Также, чем больше шар при данной частоте, или чем выше частота, тем более шар будет иметь преимущества перед острием. Но поскольку требуется определенная интенсивность эффекта, чтобы потоки стали видимыми, очевидно, что в описанном эксперименте не следует брать слишком большой шар.

Вследствие этой двойной тенденции, существует возможность достигнуть с помощью острий эффектов, идентичных получаемым с помощью ёмкости. Например, если присоединить к одному контакту катушки небольшой кусок грязного провода, который представляет собой множество острий и обеспечивает прекрасные условия для утечки, то напряжение катушки можно повысить до той же величины, что и путем подсоединения к этому контакту

полированного шара с площадью поверхности во много раз больше, чем у провода.

Можно провести интересный эксперимент, показывающий действие множества точек провода, следующим образом. Присоедините к одному из выводов катушки провод с хлопчатобумажной изоляцией около 2 футов длиной, и путем регулирования сделайте так, чтобы из провода испускались потоки. В этом эксперименте первичную катушку предпочтительнее расположить так, чтобы она входила внутрь вторичной только до половины. Теперь дотроньтесь до свободного вывода вторичной обмотки проводящим предметом, который можно держать в руке или присоединить к изолированному предмету некоторой величины. Этим способом можно очень сильно увеличить потенциал на проводе. Результатом

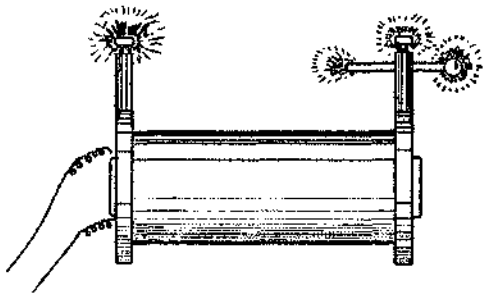


Рис. 13.

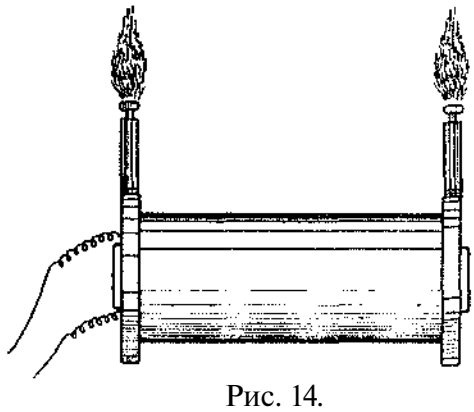


Рис. 14.

итого будет либо увеличение, либо уменьшение потоков. Если они усилились, то провод слишком короток, если уменьшились, то он слишком длинный. Подбирая длину провода, можно найти точку, когда прикосновение ко второму выводу никак не влияет потоки. В этом случае повышение потенциала полностью компенсируется его падением на катушке. Вы увидите, что малые длины провода вызывает значительные различия в величине и светимости потоков. Первичная обмотка располагается сбоку по двум причинам: Во-первых, чтобы увеличить потенциал на проводе; а во-вторых, чтобы увеличить его падение на катушке. Таким образом, поднимется чувствительность.

Существует еще одна и гораздо более поразительная особенность разряда-щётки, получаемого при очень быстро переменяющемся токе. Чтобы понаблюдать его, лучше всего заменить обычные выводы катушки двумя металлическими стержнями, изолированными достаточной толщины эбонитом. Также неплохо заделать все царапинки и трещинки воском, чтобы щётки не могли образоваться нигде кроме как на вершинах стержней. Если тщательно подобрать необходимые условия — что, конечно, зависит от мастерства экспериментатора, — так, чтобы поднять потенциал до огромных значений, можно получить две мощных щётки длиной в несколько дюймов, у оснований почти белых, которые в темноте имеют поразительное сходство с двумя факелами газа, идущего под давлением (Рис. 14). Но они не просто похожи на огонь, это настоящие языки пламени, так как они горячие. Конечно, они не такие горячие, как пламя газовой горелки, но могли бы стать такими при достаточно высокой частоте и потенциале. Производимая, скажем, при двадцати тысячах чередований в секунду теплота легко ощутима, даже если потенциал не является слишком высоким. Теплота образуется, конечно, благодаря столкновениям молекул воздуха с разрядными стержнями и друг с другом. Так как при обычном давлении свободный пробег чрезвычайно мал, то возможно, что несмотря на огромную первоначальную скорость, сообщаемую каждой молекуле при вхождении в контакт с разрядным стержнем, ее продвижение замедляется — по причине столкновений с другими молекулами — до такой степени, что она не может далеко уйти от стержня, но может ударяться об него последовательно много раз. Чем выше частота, тем меньше шансов у молекулы уйти от разрядного стержня, тем более что для данного эффекта требуется меньший потенциал; поэтому можно представить — и вероятно, даже достичь, — частоту, при которой о стержень будут ударяться практически одни и те же молекулы. При таких условиях обмен

молекул был бы очень медленным, и теплота, вырабатываемая на стержне или вблизи него, была бы огромной. Но если бы частота постоянно увеличивалась, производимое тепло стало бы уменьшаться в силу очевидных причин. В положительной щётке электростатической машины обмен молекул очень быстрый, поток постоянно одного направления, и столкновений происходит меньше; отсюда тепловой эффект должен быть очень малым. Всё, что затрудняет легкость обмена, приводит к увеличению локально получаемой теплоты. Таким образом, если держать колбу над разрядным стержнем катушки так, чтобы она окружала щётку, то воздух в колбе очень быстро нагреется до высокой температуры. Если держать стеклянную трубку над щёткой так, чтобы воздушная тяга вытягивала щётку вверх, то из верхнего отверстия трубки вырывается обжигающий воздух. Любой предмет внутри щётки, конечно, быстро нагревается, что приводит к мысли о возможности использования этого теплового эффекта для той или иной цели.

Размышляя об этом необычайном явлении горячей щётки, мы не можем не задуматься о том, что подобный процесс должен иметь место и в обычном пламени; и кажется странным, что после всех прошедших столетий знакомства с огнем, сейчас, в эру электрического света и тепла, мы подошли, наконец, к осознанию того, что с незапамятных времен имели в нашем распоряжении "электрический свет и тепло". Также небезынтересно представить, что у нас есть возможный способ получения — не химическим путем — настоящий огонь, способный давать свет и тепло без сжигания какого-либо материала, без каких-либо химических процессов, и чтобы достичь этого, нам необходимо только усовершенствовать методы получения очень высоких частот и потенциалов. У меня нет сомнений в том, что если вызвать чередование потенциала с достаточной скоростью и мощностью, то щётка, образующаяся на конце провода, потеряет свои электрические характеристики и станет подобна пламени. Пламя должно обуславливаться электростатическим молекулярным эффектом.

Теперь это явление объясняет, и в этом едва ли можно усомниться, несчастные случаи, нередко происходящие во время грозы. Хорошо известно, что предметы часто загораются, даже если в них не ударила молния. Сейчас мы рассмотрим, каким образом это может произойти. На гвозде в крыше, например, или на каком-либо выступе, проводящем или ставшим таким из-за влажности, может образоваться мощная щётка. Если молния ударила где-то поблизости, это может заставить огромный потенциал чередоваться или флюктуировать, возможно, много миллионов раз в секунду. Молекулы воздуха интенсивно притягиваются и отталкиваются, и своими столкновениями производят такой мощный тепловой эффект, что возникает огонь. Вполне возможно представить, что корабль, плывущий по морю, может таким образом загореться сразу в нескольких местах. Если мы учтем, что даже при сравнительно малых частотах, получаемых с помощью динамо машины, и при потенциалах не более ста или двухсот тысяч вольт наблюдаются значительные тепловые эффекты, то можно представить, насколько мощнее они должны быть при частотах и потенциалах во много раз больше; и приведенное выше объяснение кажется, говоря без преувеличений, очень правдоподобным. Возможно, подобные объяснения уже предлагались, но я не располагаю сведениями о том, что до настоящего времени тепловые эффекты щётки, получаемой с помощью быстро переменного потенциала, демонстрировалось бы экспериментально, по крайней мере, не в столь заметной степени.

Если полностью исключить обмен молекул воздуха, местный тепловой эффект можно усилить настолько, что предмет накалится. Таким образом, например, если поместить маленький стержень или, предпочтительнее, очень тонкий провод или нить в неоткачанную колбу и соединить с выводом катушки, то его можно довести до накаливания. Можно представить это явление гораздо интереснее, если заставить верхний конец нити накала быстро вращаться по кругу, придав ему, таким образом, вид светящейся воронки (Рис. 15), которая расширяется с повышением потенциала. Когда потенциал невелик, конец нити может совершать беспорядочные движения, внезапно меняющиеся, или может описывать эллипс; но при очень высоком потенциале нить всегда вращается по кругу, так же, как и топкий провод, свободно присоединенный к выводу катушки. Эти движения вызваны, конечно,

столкновениями молекул и неравномерным распределением напряжения по причине неровности и несимметричности провода или нити. Вероятно, подобные движения отсутствовали бы в случае идеально симметричного и отполированного провода. То, что это движение не обусловлено другими причинам, вполне очевидно, потому что оно не имеет определенного направления, и потому, что в очень сильно откачанной колбе оно прекращается совсем. Возможность довести предмет до накаливания в откачанной колбе, или даже совсем открытый, как представляется, открыла бы нам способ получить световые эффекты, которые пригодились бы для полезных целей, когда улучшатся методы получения быстро переменяющихся потенциалов.

При применении коммерческой катушки получение очень мощной щётки сопряжено со значительными трудностями, потому что когда используются высокие частоты и огромные потенциалы, может подвести даже самая лучшая изоляция. Обычно катушка изолирована достаточно хорошо, чтобы выдерживать напряжение между соседними намотками, так как два провода, с двойной шелковой пропарафиненной оплеткой, выдерживают напряжение в несколько тысяч вольт; трудность лежит в основном в предотвращении пробоя от вторичной обмотки к первичной, которому очень способствует испускание потоков от последней. В обмотке, конечно, самое сильное напряжение между намотками, но обычно в большей обмотке намоток так много, что опасность внезапного пробоя не столь велика. Обычно в этом

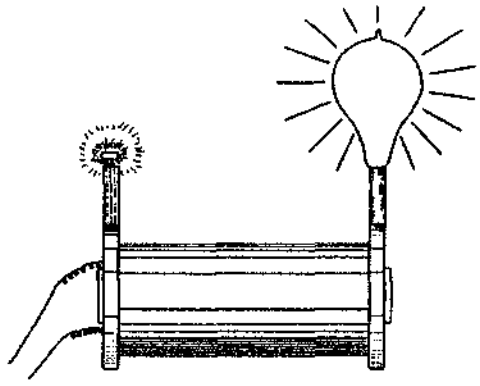


Рис. 15.

направлении трудностей не встречается, и, кроме того, возможность внутренних повреждений в катушке сильно снижается из-за того, что наиболее вероятный эффект — это просто постепенное нагревание, которое при достаточном усилении не может остаться незамеченным. Так что главная необходимость — предотвратить появление потоков между первичной обмоткой и трубкой, не только из-за нагревания или возможных повреждений, но также и из-за того, что потоки могут значительно уменьшать получаемую на выводах разность потенциалов. Несколько советов о том, как это предотвратить, вероятно окажутся полезными в большинстве этих экспериментов с обыкновенной индукционной катушкой.

Один из способов, например, — это намотать короткую первичную обмотку (Рис. 16a), чтобы при такой длине разность потенциалов была не столь велика, чтобы вызвать пробой потоков через изоляционную трубку. Длину первичной обмотки следует определять экспериментально. Оба конца обмотки следует вывести с одной стороны через заглушку из изоляционного материала, вставленную в трубку как показано на рисунке. При таком расположении один вывод вторичной обмотки присоединяется к предмету, площадь которого определяется с большой тщательностью так, чтобы получать наибольший подъем потенциала. На другом выводе появляется мощная щётка, с которой можно экспериментировать.

Описанная выше схема приводит к необходимости использования первичной обмотки сравнительно небольшого размера, и она имеет тенденцию нагревается, когда хочется получать мощные эффекты в течение продолжительного времени. В таком случае лучше использовать обмотку больше (Рис. 16b) и вводить её с одной стороны трубки, пока не начнут появляться потоки. В этом случае ближайший вывод вторичной обмотки можно подсоединить к первичной

или к земле, что практически одно и то же, если первичная обмотка непосредственно присоединена к машине. В случае с заземлением хорошо было бы экспериментально определить частоту, которая больше всего подходит для условий данного испытания. Другой способ более или менее устранить утечку потоков — это намотать первичную обмотку секциями и сделать подводку к ней из отдельных хорошо изолированных источников.

В большинстве этих экспериментов, когда нужно получать мощные кратковременные эффекты, полезно использовать с первичными обмотками железные сердечники. В этом случае

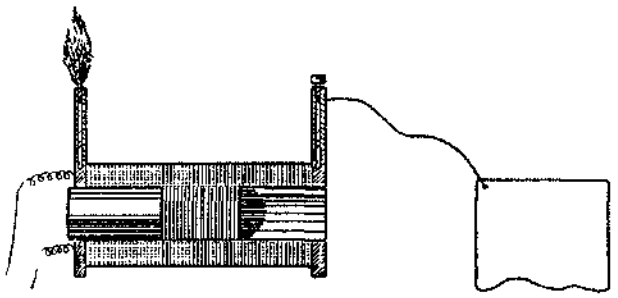


Рис. 16а.

можно намотать очень большую первичную обмотку и расположить её бок о бок рядом со вторичной, и, подсоединив ближайший вывод вторичной к первичной, вводят гладкий стальной сердечник через первичную обмотку во вторичную настолько, насколько позволят потоки. В этих условиях можно вызвать появление на другом выводе вторичной обмотки чрезвычайно мощной щётки длиной в несколько дюймов, которую вполне можно назвать "Огнем Святого Эльма". Это самым мощный озонатор, на самом деле настолько мощный, что всего нескольких минут достаточно, чтобы все помещение наполнилось запахом озона, несомненно, обладающего поразительными химическими свойствами.

Для получения озона прекрасно подходят токи очень высокой частоты, не только из-за их преимуществ в плане преобразований, но и потому что озонирующее действие разряда зависит как от частоты, так и от потенциала; и это несомненно подтверждает эксперимент.

Если в этих экспериментах использовать стальной сердечник, следует внимательно следить за ним, так как он может чрезмерно нагреться за чрезвычайно короткое время. Чтобы вы получили представление о том, как быстро он нагревается, я могу сказать, что если пропустить мощный ток через обмотку со многими витками, то внесения внутрь неё тонкой железной проволоки не более, чем на секунду, будет достаточно, чтобы нагреть ее примерно до 100° С.

Но это быстрое нагревание не должно заставить нас отказаться от использования стальных сердечников в экспериментах с быстро переменяющимися токами. В течение долгого времени я был убежден в том, что в промышленном токоснабжении с применением трансформаторов можно осуществить примерно следующий план. Мы можем использовать небольшой железный сердечник, секционный или даже, может быть, нет. Мы можем окружить этот сердечник толстым слоем жаростойкого материала, который слабо проводит тепло, а поверх него разместить первичную и вторичную обмотки. Используя либо более высокие частоты, либо магнитные силы, мы можем нагреть стальной сердечник с помощью гистерезиса и вихревых токов до такой степени, чтобы он достиг почти максимальной [магнитной] проницаемости, которая, как показал Хопкинсон, может быть в целых шестнадцать раз больше, чем при обычных температурах. Если стальной сердечник хорошо защищен, он не будет портиться из-за нагревания, и если покрытие из жаростойкого материала будет достаточно толстым, то, несмотря на высокую температуру, сможет излучаться только ограниченное количество энергии. Мною были сконструированы трансформаторы для этого проекта, но из-за недостатка времени они ещё не прошли тщательную проверку.

Другой способ приспособить стальные сердечники к быстрым переменам, или, говоря в общем, снизить фрикционные потери, — это создать с. помощью постоянного намагничивания поток примерно в семь или восемь тысяч линий на квадратный сантиметр, проходящий сквозь стальной сердечник, и затем работать со слабыми магнитными силами и преимущественно высокими частотами вокруг точки максимальной проницаемости. Этим способом достигается более высокая эффективность преобразования и больший выход. Я также применил этот принцип в связи с машинами, на которых отсутствует обращение полярности. В машинах этого типа выход не очень большой по причине малого количества полярных выступов, так как максимумы и минимумы намагничивания далеки от точки максимальной проницаемости. Но при очень большом количестве полярных выступов можно достичь нужной скорости изменений, при этом намагничивание не меняется настолько, чтобы сильно отклоняться от точки максимальной проницаемости, и получается значительный выход.

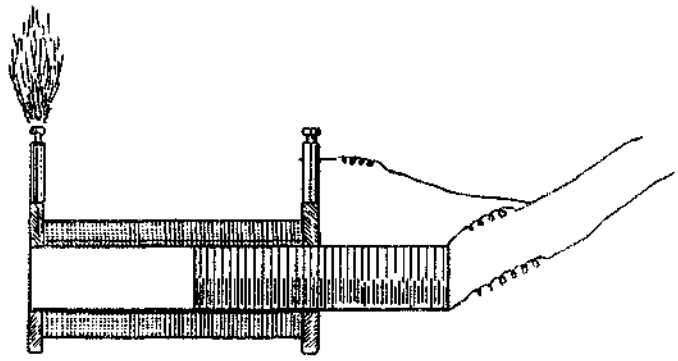


Рис. 16b.

Средства, описанные выше, относятся исключительно к использованию промышленных катушек, сделанных как они обычно. Если нужно сделать катушку специально для целей проведения описанных мной экспериментов, или, в общем, чтобы она могла выдерживать максимально возможную разность потенциалов, то лучше использовать конструкцию, изображенную на Рис. 17. В этом случае катушка состоит из двух независимых частей, которые наматываются противоположно, и соединение их друг с другом делается вблизи первичной обмотки. Так как напряжение в середине равно нулю, нет особой опасности пробоя на первичную обмотку, и не требуется много изоляции. Однако в некоторых случаях среднюю точку можно подсоединить к первичной обмотке или заземлить. В такой катушке точки с наибольшей разностью потенциалов находятся далеко друг от друга, и катушка способна выдерживать огромное напряжение. Обе части могут быть подвижными, чтобы допускать небольшое регулирование емкости.

Что касается способа изолирования обмотки, то удобнее всего это делать следующим образом: Во-первых, провод следует варить в парафине, пока не выйдет весь воздух; затем намотать катушку, пропуская провод через расплавленный парафин, просто для фиксации провода. Затем обмотку снимают с каркаса катушки, погружают в цилиндрический сосуд, наполненный чистым расплавленным воском, и долгое время варят там до тех пор, пока не прекратится появление пузырьков. После этого все оставляют до полного охлаждения, далее эту массу вынимают из сосуда и обрабатывают на токарном станке. Обмотка, изготовленная подобным образом и тщательно, способна выдерживать огромные разности потенциалов.

Можно также поместить обмотку в парафиновое масло или в какое-либо другое масло; это весьма эффективный способ изолирования, в основном из-за абсолютного исключения воздуха, но в итоге выясняется, что сосуд, наполненный маслом, не очень удобно использовать в лабораторных условиях.

Если обыкновенную катушку разбирается, то первичную обмотку можно вынуть из трубки, трубку закупорить на одном конце, наполнить маслом, и снова вставить первичную обмотку.

Это обеспечивает превосходную изоляцию и препятствует образованию потоков.

Из всех экспериментов, которые можно провести с быстро переменяющимися токами, наиболее интересны те, которые касаются получения практического источника освещения. Нельзя отрицать того, что современные методы, хотя они и являются выдающимися достижениями, очень неэкономичны. Нужно изобрести лучшие методы, придумать более совершенные устройства. Современные исследования открыли новые возможности для получения эффективного источника света, и все взоры обратились в направлении, указанном талантливыми первопроходцами.

Многие были охвачены энтузиазмом и страстью к открытиям, но в своем стремлении достичь результатов некоторые пошли по неверному пути. Начав с идеи получения электромагнитных волн, они, вероятно, слишком увлеклись изучением электромагнитных сил и упустили из виду изучение электростатических явлений. Естественно, почти у каждого исследователя имелся аппарат, похожий на тот, который использовался в ранних экспериментах. Но в приборах этого вида, в то время как электромагнитные индуктивные эффекты огромны, электростатические эффекты чрезвычайно малы.

В экспериментах Герца, например, индукционная катушка высокого напряжения замыкается накоротко электрической дугой, сопротивление которой очень мало, и чем меньше, тем больше связанная с выходами емкость; и разность потенциалов на них очень сильно уменьшается. С другой стороны, когда разряд не проходит между выходами, могут быть значительными статические эффекты, но лишь качественно, а не количественно, так как их рост и падение очень резкие, и поскольку частота их невелика. Ни в том, ни в другом случае, следовательно, мощные электро статические эффекты не наблюдаются. Подобная ситуация возникает и когда, как в некоторых интересных экспериментах доктора Лоджа, Лейденские банки разряжаются пробоем. Думали, и полагаю, даже утверждали, что в этих случаях бо́льшая часть энергии излучается в пространство. В свете экспериментов, описанных мною выше, теперь так считать не станут. Я уверенно утверждаю, что в подобных случаях бо́льшая часть энергии частично поглощается и преобразуется в тепло в дуге разряда и в проводящем и изолирующем материале банки,

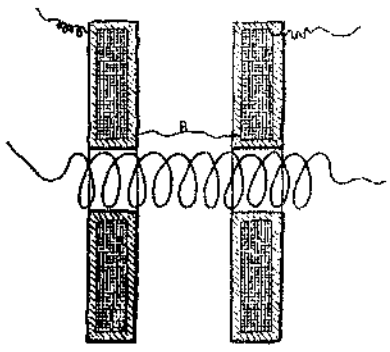


Рис. 17.

при этом некоторое количество энергии, конечно, расходуется на электрификацию воздуха; но количество непосредственно излучаемой энергии очень мало.

Когда выводы индукционной катушки высокого напряжения, работающей от тока с количеством перемен всего 20,000 раз в секунду, замкнуты даже через очень маленькую банку, практически вся энергия проходит через диэлектрик банки, нагревая его, и внешне электростатические эффекты проявляются очень незначительно. Теперь, внешнюю цепь Лейденской банки, а именно, дугу и соединения обкладок, можно рассматривать как цепь, генерирующую переменяющиеся токи чрезвычайно высокой частоты и достаточно высокого потенциала, которая замкнута через обкладки и диэлектрик между ними. И из вышесказанного очевидно, что внешние электростатические эффекты должны быть очень малы, даже если использовать цепь обратного хода. Эти результаты позволяют сделать вывод о том, что используя обычно бывшие под рукой аппараты, невозможно было наблюдать мощные электростатические эффекты, и всем опытом, накопленным в этой области, мы обязаны только огромным талантам исследователей.

Но мощные электростатические силы — это непременное условие, sine qua поп, получения света на указанных теорией. Электромагнитные эффекты в основном недоступны, так как чтобы достичь нужных эффектов, нам пришлось бы пропустить через проводник импульсы тока, который прекратил бы их передавать задолго до того, как была бы достигнута требуемая частота импульсов. С другой стороны, электромагнитные волны, во много раз длиннее

световых волн, и получаемые с помощью резкого разряда конденсатора, казалось бы, невозможно применить, если не воспользоваться их воздействием на проводники, как предложено в современных методах, которые неэкономичны. Мы не смогли бы воздействовать посредством этих волн на статические молекулярные или атомные заряды газа, заставляя их вибрировать и испускать свет.

Длинные поперечные волны явно не могут произвести подобное действие, так как чрезвычайно малые электромагнитные возмущения могут легко проходить по воздуху многие мили расстояния. Такие невидимые волны, если они не такой длины, как настоящие световые волны, не могут, как кажется, возбуждать светящееся излучение в Гейслеровой трубке, и я склонен рассматривать световые эффекты, получаемые с помощью индукции в трубке без электродов, как явления электростатической природы.

Чтобы получить такое свечение, требуется электростатическое усилие; независимо от своей частоты оно может нарушать равновесие молекулярных зарядов и производить свет. Поскольку импульсы тока нужной частоты не могут проходить через проводник заметных размеров, мы должны использовать газ, и тогда насущной необходимостью становится получение мощных электростатических воздействий.

Однако мне представлялось, что электростатические воздействия могут многообразно применяться для получения света. Например, мы можем поместить предмет из какого-либо жаростойкого материала в закрытую и, желательно, более или менее откачаную колбу, и подсоединить его к источнику высокого, быстро переменяющегося потенциала, заставляя молекулы газа много раз в секунду на огромной скорости ударяться об него, и этими триллионами невидимых ударов долбить его, пока он не раскалится. Или мы можем поместить тело в очень сильно откачанную колбу, в беспробойный вакуум, и, с помощью очень высоких частот и потенциалов передавать достаточное количество энергии от него к другим расположенным вблизи него телам, или, вообще говоря, его окружению, чтобы поддерживать его на любой степени накаливания. Или же мы можем с помощью таких быстро переменяющихся высоких потенциалов возмущать эфир, несомый с собой молекулами газа, или их статические заряды, заставляя их вибрировать и испускать свет.

Но так как электростатическое действие зависит от потенциала и частоты, желательно увеличить их оба настолько, насколько это практически возможно, чтобы достигнуть максимально мощного воздействия. Может быть возможно достичь вполне удовлетворительных результатов, даже если один из этих факторов будет мал, при условии, что другой достаточно велик; но мы ограничены по обоим направлениям. Мой опыт показывает, что мы не можем уходить ниже определенной предельной частоты, так как, во-первых, потенциал тогда становится столь велик, что это опасно; и, во-вторых, получение света менее эффективно.

Я обнаружил, что при использовании обычных низких частот физиологическое воздействие тока, требуемого, чтобы поддерживать определенную степень яркости трубки длиной четыре фута, снабженной на концах внутренними и внешними конденсаторными обкладками, является настолько мощным, что оно, я думаю, может серьезно повредить тем, кто не привычен к подобным ударам тока. В то же время при частоте чередований 20,000 раз в секунду можно поддерживать ту же степень яркости трубки без какого-либо ощутимого влияния. Это обусловлено, главным образом, тем фактом, что для достижения того же самого светового эффекта здесь требуется гораздо меньший потенциал, и также большей эффективностью получения света. Очевидно, что в подобных случаях эффективность тем больше, чем выше частота, так как чем быстрее процесс заряжения и разряжения молекул, тем меньше будут потери энергии в форме невидимого излучения. Но, к сожалению, мы не можем подняться выше определенной частоты из-за трудности получения и передачи воздействий.

Я уже говорил выше, что тело, помещенное в неоткачаную колбу, можно сильно нагреть, просто подсоединив его к источнику быстро переменного потенциала. В данном случае нагревание, по всей вероятности, объясняется в основном бомбардировкой молекул газа, находящегося в сосуде. Когда колба откачана, нагрев тела происходит гораздо быстрее, и

можно без каких-либо трудностей накалить проволоку или нить до любой степени просто подсоединив их к одному выводу катушки соответствующего размера. Так что, если хорошо известный прибор профессора Крукса, состоящий из изогнутой платиновой проволочки с прикрепленными к ней лопастями крыльчатки (Рис. 18), подсоединен к одному выводу катушки — подсоединяется либо один, либо оба конца конца платиновой проволочки — проволочка накаляется почти моментально, и слюдяные вертушки вращаются так, как будто использовался ток от батареи. Если тонкую угольную нить накала или, предпочтительнее, штырек из тугоплавкого металла (Рис. 19), даже если он будет сравнительно слабым проводником, поместить в откачанную колбу, то его можно раскалить очень сильно; и таким образом можно получить простую лампочку, могущую давать любую световую мощность.

Успешная работа такого рода ламп основном зависит от выбора светоиспускающего тела, находящихся внутри колбы. Поскольку в описанных условиях можно использовать

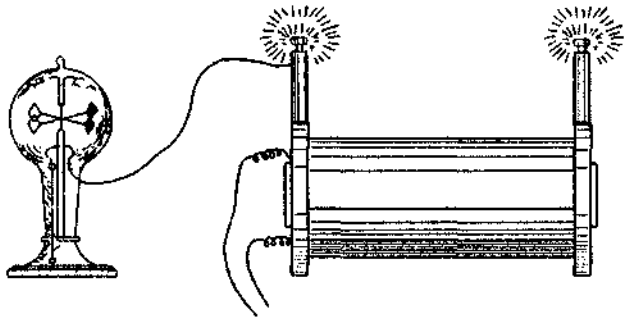


Рис. 18.

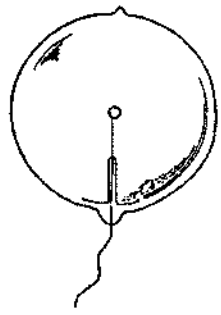


Рис. 19.

жаростойкие предметы — очень плохо проводящие ток и способные в течение долгого времени выдерживать чрезвычайно высокие температуры, — такие осветительные приборы могут стать успешными.

Сначала может показаться, что если колбу с нитью накала либо штырьком из тугоплавкого материала откачать очень хорошо — то есть, настолько, насколько это возможно сделать при помощи самых лучших аппаратов, — то нагревание было бы гораздо менее интенсивным, и что в совершенном вакууме нагревания не будет совсем. Мой опыт этого не подтверждает; совсем наоборот, чем лучше вакуум, тем легче доводятся тела до накаливания. Этот результат интересен по многим причинам.

В самом начале данной работы мне пришла мысль, нельзя ли с помощью чисто конденсаторного эффекта раскалить два предмета из тугоплавкого материала, помещенных в колбу откачанную до такой степени, что не может пройти разряд большой индукционной катушки, работающей как обычно. Очевидно, чтобы достичь такого результата требуются огромные разности потенциалов и очень высокие частоты, что следует из простых расчетов.

Но в том, что касается эффективности, такая лампа обладала бы огромным преимуществом перед обычной лампой накаливания. Хорошо известно, что эффективность лампы в некоторой мене зависит от степени накаливания, и что, если бы мы только могли довести нить во много раз большей степени накаливания, эффективность была бы намного больше. При использовании обычной лампы это неосуществимо из-за разрушения нити накала, и до какой степени целесообразно увеличивать накаливание, было выяснено опытным путем. Невозможно сказать, насколько высокую продуктивность можно было бы получить, если бы нить выдерживала накаливание неограниченно, так как, очевидно, что исследование этого вопроса далее определенной стадии провести нельзя; но есть основания полагать, что она была бы значительно выше. Можно усовершенствовать обычную лампу, использовав короткий и толстый уголь; но тогда необходимы толстые вводные провода, да и помимо этого есть множество других соображений, исходя из которых подобную модификацию совершенно неосуществимой. Но в лампе, которая описывалась выше, вводные провода могут быть очень

маленькими, накаливающийся жаростойкий материал может быть в форме брусков, имеющих очень малую излучающую поверхность, чтобы требовалось меньше энергии для поддерживания нужной степени накаливания. И в добавление к этому можно сказать, что необязательно использовать в качестве жаростойкого материала уголь, но он может быть изготовлен из смеси оксидов, например, с углем, или с другим материалом, или можно выбрать из тел, которые практически не проводят и способны выдерживать огромные температуры.

Всё это указывает на возможность получить с помощью подобной лампы намного более высокую эффективность, чем достижима с помощью обычных ламп. Как показывает мой опыт, бруски доводятся до высокой степени накаливания при гораздо меньших потенциалах, чем это определяемые из расчетов, и бруски можно располагать гораздо более удаленно друг от друга. Мы легко можем предположить, и это вполне вероятно, что бомбардировка молекулами — важный элемент в нагреве, даже если колба самым тщательным образом откачана, как это было у меня. Потому что хотя количество молекул, говоря сравнительно, незначительно, кроме этого из-за того, что средний свободный пробег очень велик, столкновений меньше, и молекулы могут

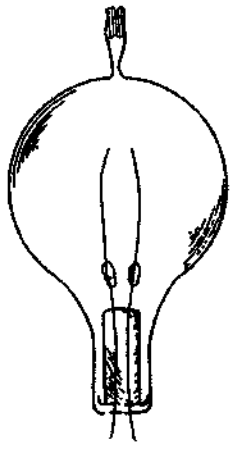


Рис. 20.

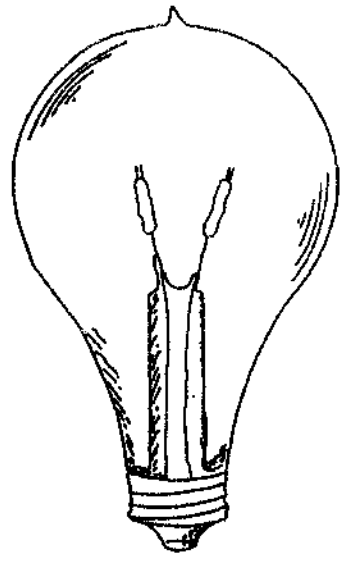


Рис. 21.

развить гораздо более высокие скорости, так что благодаря этой причине тепловой эффект может быть достаточно значительным, как в экспериментах Крукса с излучающим веществом.

Но в то же время возможно и то, что мы здесь имеем дело с возросшей легкостью потери заряда в высоком вакууме, когда потенциал быстро переменяется, в каковом случае основное нагревание было бы благодаря пульсации зарядов в нагретых телах. Или же, иначе, наблюдаемые факты могут главным образом объясняться эффекту острий, о котором я говорил ранее, вследствие которого бруски или нити накала, помещенные в вакуум, эквивалентны конденсаторам с площадью во много раз большей, чем вычисленная из их геометрическим размеров. Ученые до сих пор расходятся во мнениях по поводу того, должна или не должна происходить потеря заряда в совершенном вакууме, или, другими словами, является эфир проводником или пет. Если бы было верно первое, то тонкая нить, помещенная в полностью откачаную колбу и подсоединенная к источнику огромного постоянного потенциала, накалялась бы.

В соответствии с вышеописанным принципом я сделал и использовал различные виды ламп с жаростойкими телами в форме нитей (Рис. 20) или брусков (Рис. 21), и в этом направлении ведутся исследования. Без всякого труда достигается такая высокая степень накаливания, при которой обычный уголь, по всей видимости, плавится и испаряется. Если бы можно было достичь абсолютного вакуума, такая лампа, хотя не работающая от обычно используемых аппаратов, но запитываемая токами соответствующего характера становилась бы источником света, который никогда бы не портился и был бы намного эффективнее, чем обычная лампа

накаливания. Конечно, такого совершенства не достичь никогда, и очень медленное разрушение и постепенное уменьшение в размере всегда происходит, как в нитях накала. Но становится невозможно внезапное и преждевременное отключение из-за перегорания нити, особенно когда накаливаемые предметы сделаны в форме блоков.

При таких быстро переменяющихся потенциалах, однако, нет необходимости заключать в колбу два бруска, но можно использовать один брусок, как на Рис. 19, или нить (Рис. 22). Напряжение в данном случае, конечно, должно быть выше, но оно получается легко, и кроме того совсем не всегда является опасным.

Легкость, с которой нить или брусок в такой лампе доводятся до каления, при прочих равных условиях, зависит от размера колбы. Если бы можно было получить совершенный вакуум, размер колбы значения бы не имел, потому что тогда накаливание было бы полностью вызвано пульсацией зарядов, и вся энергия бы отдавалась в окружающую среду в виде излучения. Но на практике этого происходить не может. В колбе всегда остается некоторое количество газа, и откачку можно произвести до высочайшей степени, все же при использовании таких высоких потенциалов пространство внутри лампы накаливания должно рассматриваться как проводящее. И я допускаю, что при оценке количества энергии, которое может отдаваться нитью накала окружающей среде мы можем рассматривать внутреннюю поверхность лампы как одну обкладку конденсатора, а воздух и другие объекты, окружающие лампу, как другую обкладку. Без сомнения, в том случае, когда чередования очень низки, заметная часть энергии отдается через электризацию окружающего воздуха.

Для лучшего изучения данного предмета я провел несколько экспериментов с чрезвычайно высокими потенциалами и низкими частотами. При этом я наблюдал, что если поднести руку к лампе накаливания, — при этом нить накала соединена с одним из выводов катушки, — то можно ощутить мощные вибрации, образующиеся из-за притяжения и отталкивания молекул воздуха, которые электризуются посредством индукции через стекло. В некоторых случаях, когда это воздействие было очень интенсивным, я мог слышать звук, который должен вызываться той же причиной.

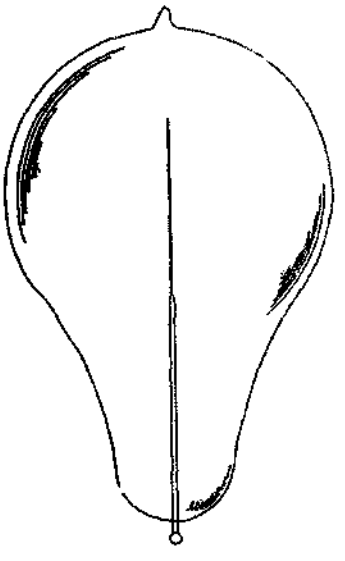


Рис. 22.

Когда чередования низкие, от колбы вполне можно получить очень сильный шок. Вообще, когда колбу или объекты некоторого размера подсоединяют к выводам катушки, надо следить за ростом потенциала, так как он может возникнуть от одного только подключения лампы или пластины к выводу, и потенциал может во много раз превысить свою первоначальную величину. Когда к выводам подключены лампы, как показано на Рис. 23, емкость ламп должна быть такой, чтобы при имеющихся условиях давать максимальный рост потенциала. Этим путем можно получать нужное напряжение при меньшем числе витков провода.

Срок службы таких ламп, как описаны выше, зависит в основном, конечно же, от степени откачки, хотя в какой-то мере и от формы бруска огнеупорного материала. Теоретически, казалось бы, маленькая сфера из углерода внутри стеклянной сферы не будет разрушаться из-за молекулярной бомбардировки, потому что, когда материя в колбе излучает, молекулы будут двигаться по прямым линиям и будут редко ударяться о сферу по косой. В связи с такой лампой возникает интересная мысль, что в ней "электричество" и электрическая энергия должны, по-видимому, двигаться одинаковым образом.

Использование переменных токов очень высокой частоты позволяет передавать посредством электростатической или электромагнитной индукции через стекло лампы

достаточное количество энергии, чтобы удерживать нить в состоянии накала и таким образом обходиться без вводных проводов. Такие лампы предлагались, но они не могли успешно работать из-за отсутствия необходимого оборудования. Я сделал и провел эксперименты с множеством видов ламп, основанных на этом принципе, с непрерывными и разрывными нитями. Когда вторичную обмотку помещают внутрь лампы, лучше соединять со вторичной обмоткой конденсатор. Когда происходит передача посредством электростатической индукции, то конечно используется очень высокое напряжение с [самыми высокими] частотами,

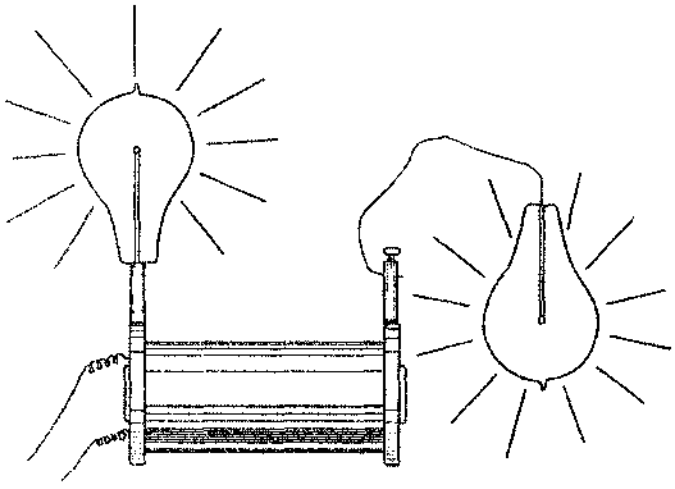


Рис. 23.

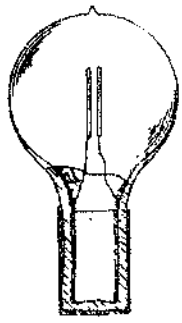


Рис. 24.

достижимыми с помощью машины. К примеру, при площади поверхности конденсатора в сорок квадратных сантиметров, что не является невыполнимо большим, и стекле хорошего качества толщиной 1 мм, при токе, переменяющемся 20 тысяч раз в секунду потребуется потенциал приблизительно в 9,000 вольт. Может показаться, что это много, но поскольку каждая лампа может быть включена во вторичную обмотку трансформатора очень малых размеров, то это не создаст никаких неудобств, и кроме того не будет приводить к фатальным травмам. Лучше, если все трансформаторы будут соединяться последовательно. Регулировка не вызовет никаких трудностей, так как при токах таких частот поддерживать константный ток очень легко.

На прилагаемых рисунках приводятся некоторые виды ламп такого рода. На Рис. 24 изображена лампа с разрывной нитью накала, а на Рис. 25а и 25Ь лампы с одной внутренней и внешней обкладкой и одной нитью накала. Я также изготовил лампы с двумя внутренними и внешними обкладками и непрерывным контуром, соединяющим последние. Такие лампы работали у меня от импульсов тока тех огромных частот, которые можно получить от пробойного разряда конденсаторов.

Пробойный разряд конденсаторов особенно хороню подходит для питания таких ламп — без наружных электрических соединений, — посредством электромагнитной индукции, когда эффекты электромагнитной индукции очень сильны. И я смог получать требуемую степень накала с помощью только лишь нескольких коротких витков провода. Этим способом так же можно добиться накаливания в простой замкнутой нити накала.

Не останавливаясь на рассмотрении осуществимости и практической целесообразности подобных ламп, мне бы хотелось только сказать, что они обладают прекрасной и очень привлекательной особенностью, а именно, что их можно, когда угодно, более или менее ярко накаливать просто меняя взаимное расположение внешних и внутренних конденсаторных обкладок, или индуцирующих и индуцируемых цепей.

Когда лампа зажигается от соединения ее только с одной клеммой источника, её работу можно улучшить, снабдив колбу внешней конденсаторной обкладкой, которая одновременно служит и рефлектором, и подсоединив ее к изолированному телу некоторого размера. Лампы

такого типа изображены на Рис. 26 и 27. На Рис. 28 показана схема соединений. Яркость лампы в данном случае может регулироваться в широких пределах путем изменения размера изолированной металлической пластины, к которой подсоединена обкладка.

Похожим образом можно реально зажигать с одним подводящим проводом лампы вроде тех, что показаны на Рис. 20 и Рис. 21, подсоединяя одну клемму лампы к одному контакту источника питания, а другую — к изолированному телу нужного размера. Во всех случаях изолированное тело служит для сброса энергии в окружающее пространство и эквивалентно возвратному проводу. Очевидно, что в двух последних названных случаях вместо подсоединения проводов к изолированному телу соединение можно делать с землей.

Вероятно, наиболее впечатляющими и наиболее интересными для исследователя будут эксперименты с вакуумными трубками. Как можно ожидать, источник таких быстро переменяющихся потенциалов способен возбуждать эти трубки на большом расстоянии, и получаются замечательную световые эффекты.

Во время моих исследований в этом направлении я стремился возбуждать трубки без электродов с помощью электромагнитной индукции, делая трубку вторичной обмоткой индукционного устройства, и пропуская через первичную разряды Лейденской банки. Эти трубки были самых разных форм, и я мог получать эффекты свечения, которые, как я тогда думал, происходили полностью благодаря электромагнитной индукции. Однако, после более внимательного изучения этих явлений я обнаружил, что производимые эффекты более имели электростатическую природу. Этому обстоятельству можно приписать то, что такой вид

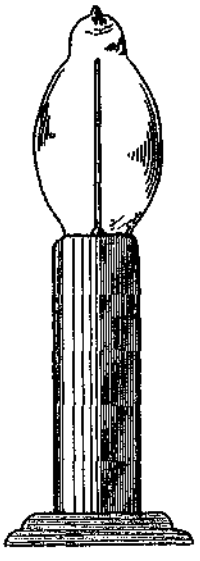


Рис. 25а.

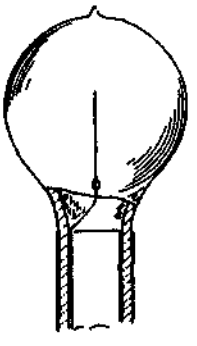


Рис. 25Ь.

возбуждения трубок является очень расточительным, а именно: когда первичная обмотка замкнута, то потенциал, а, следовательно, и электростатический индуктивный эффект значительно снижается.

Если используется индукционная катушка, работающая как описано выше, то без сомнения, трубки возбуждаются электростатической индукцией, и электромагнитная индукция имеет очень малое, если вообще какое-нибудь, отношение к данному явлению.

Это очевидно из многих экспериментов. Например, если экспериментатор стоять рядом с катушкой, возьмет трубку в одну руку, то трубка будет ярко светится, и свечение это будет оставаться таковым независимо от ее положения по отношению к телу экспериментатора. Будь это действие электромагнитным, трубка не могла бы светиться, когда тело экспериментатора находится между трубкой и катушкой, или же по меньшей мере это свечение значительно

уменьшилось бы. Когда трубку держат точно над центром катушки, — при этом катушка намотана секциями, и первичная обмотка расположена симметрично вторичной, — трубка может оставаться совершенно темной, тогда как она начинает интенсивно светиться, если её немного передвинуть вправо или влево от центра катушки. Она не светиться, потому что в середине обе части катушки нейтрализуют друг друга, и электрический потенциал равен нулю. Если бы действие было электромагнитным, то трубка должна была бы светиться сильнее всего в плоскости, проходящей через центр катушки, поскольку электромагнитный там эффект был бы максимальным. Когда между контактами устанавливается дуга, то кубы и лампы затухают вблизи катушки, но вновь загораются, когда дуга прерывается, по причине возрастания потенциала. Хотя электромагнитное действие должно было бы быть в обоих случаях практически одинаковым.

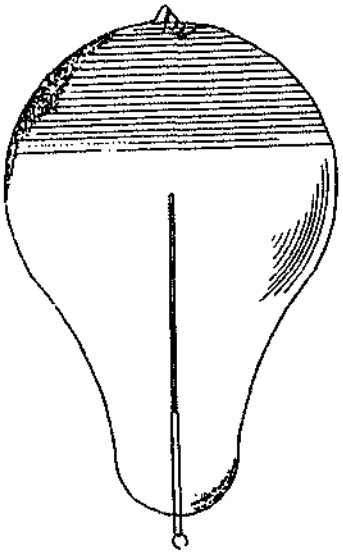


Рис. 26.

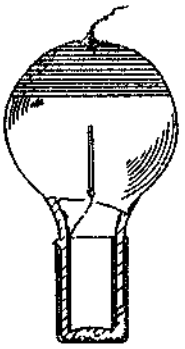


Рис. 27.

Расположив трубку на некотором расстоянии от катушки, и ближе к одному контакту, — предпочтительно в точек на оси катушки, — трубку можно зажечь, дотронувшись до удаленного контакта изолированным предметом некоторого размера или же рукой, повышая тем самым потенциал на контакте, находящемся ближе к трубке. Если трубку передвинуть ближе к катушке так, чтобы она загоралась от воздействия ближнего контакта, ее можно заставить погаснуть, держа, на изолированной поддержке, конец провода, соединенного с дальним контактом, рядом с ближним контактом, тем самым противодействуя влиянию последнего на трубку. Эти явления очевидно электростатические. Аналогично, когда трубка располагается на значительном расстоянии от катушки, то исследователь может, стоя на изолированной подставке между катушкой и трубкой, зажечь трубку приблизив к ней руку; он может даже зажечь ее, просто встав между трубкой и катушкой. Это было бы невозможно при электромагнитной индукции, поскольку тело исследователя действовало бы как экран.

Когда катушка возбуждается чрезвычайно слабыми токами, экспериментатор может, дотрагиваясь трубкой до одного контакта катушки, погасить трубку, а затем снова зажечь, удаляя трубку из контакта с клеммой и давая образоваться небольшой дуге. Это является объяснением соответствующих повышений и понижений напряжения на выводе катушки. В описанном выше эксперименте, когда трубка зажигается через небольшую дугу, она может погаснуть, если дуга исчезнет, потому что электростатический индуктивный эффект сам по себе очень слабый, хотя потенциал может быть намного выше; однако, когда дуга устанавливается, электризация конца трубки гораздо больше, и в результате она светится.

Если трубку зажечь, поднеся ее близко к катушке и держа одной рукой, которая находится дальше, а другой рукой взять её в любом месте, то та часть трубки, которая находится между

руками, станет темной, и можно произвести необычный эффект стирания света, проводя быстро рукой по трубке и одновременно осторожно удаляя её от катушки, и выдерживая расстояние так, чтобы трубка оставалась в результате темной.

Если первичная катушка размещена сбоку, как например на Рис. 16b, а откачанную трубку вносят в пустое пространство с другой стороны, то трубка светится наиболее интенсивно по причине увеличенного конденсаторного действия, и в таком положении свили наиболее четко видны. Во всех этих экспериментах, да и во многих других, воздействие несомненно электростатическое.

Эффекты экранирования также указывают на электростатическую природу этих явлений и некоторым образом говорят о природе электризации через воздух. Например, если разместить трубку в направлении оси катушки и внести в промежуток изолированную металлическую пластину, то обычно яркость увеличивается, или же если трубка находится слишком далеко от катушки чтобы светиться, то ее даже можно заставить светиться внеся изолированную металлическую пластину. Сила этих эффектов в некоторой степени зависит от размера пластины. Но если металлическую пластину соединить проводом с землей, то внесение ее всегда будет гасить трубку, даже если трубка будет находиться очень близко к катушке. В общем, внесение тела между катушкой и трубкой уменьшает или увеличивает яркость трубки или ее способность загораться соответственно тому, увеличивает оно электризацию, или уменьшает. Экспериментируя с изолированной пластиной не следует брать пластину слишком большой, иначе это как правило вызовет ослабление эффекта по причине увеличения ее возможности сброса энергии в окружающую среду.

Если зажечь трубку на определенном расстоянии от катушки и внести между ними пластину из твердой резины или другого изолирующего материала, то можно заставить трубку погаснуть. В этом случае внесение диэлектрика лишь незначительно увеличивает индуктивный эффект, но значительно уменьшает электризацию через воздух.

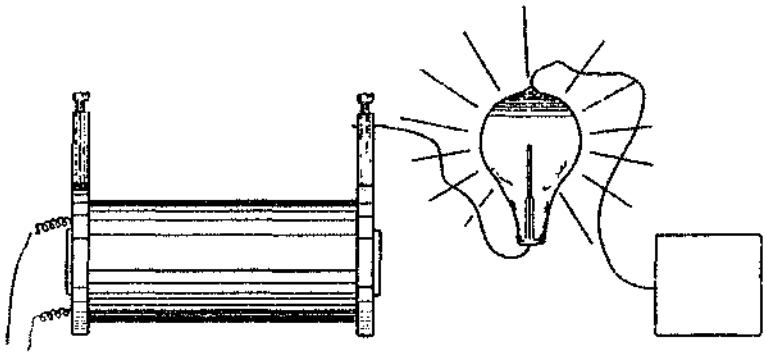


Рис. 28.

Поэтому во всех случаях, когда мы возбуждаем свечение в откачанных трубках посредством такой катушки, эффект обусловлен быстро чередующимся электростатическим потенциалом; и более того, его следует приписать гармоническим чередованиям, производимым непосредственно машиной, а не каким-либо наложенным колебаниям, существование которых можно предположить. Такие наложенные колебания невозможны, когда мы работаем с машиной переменного тока. Если пружину постепенно натягивать и отпускать, то она не производит независимых вибраций; для этого её нужно резко отпустить. То же и с переменными токами от динамо машины; среда гармонически сжимается и разжимается, вызывая тем самым только один тип волн; для возникновения наложенных колебаний существенно важно резкое возникновение контакта или его разрыв, или же резкий пробой диэлектрика, к в пробойном разряде Лейденской банки.

Во всех последних описанных экспериментах можно использовать трубки без электродов, и с их помощью можно без труда произвести достаточно света, чтобы можно было при нем читать. Световой эффект, однако, существенно увеличивается, если использовать фосфоресцентные тела, такие как иттриевое или урановое стекло, и т.п.. При использовании фосфоресцентных веществ возникнет трудность, потому что при этих сильных эффектах они постепенно улетучиваются, и предпочтительнее использовать вещество в твердом состоянии. Вместо того, чтобы при зажигании лампы зависеть от индукции на расстоянии, того же самого можно достичь с помощью внешней, а если нужно, то и внутренней конденсаторной обкладки, и ее можно расположить в любом месте в помещении, соединив с проводником, который в соединен с одним из выводов катушки; и этим способом можно получать мягкое освещение.

Однако, самый лучший способ освещения зала или комнаты — это создать там такие условия, чтобы светящееся устройство можно было бы переносить и размещать где угодно, и чтобы оно продолжало светиться независимо от местоположения и без электрического соединения с чем-либо. Мне удалось добиться таких условий благодаря созданию в помещении мощного, быстро переменяющегося электростатического поля. Для этого я подвесил металлический лист на некотором расстоянии от потолка на изолирующих шнурах и соединил его с одним выводом индукционной катушки, при этом желательно, чтобы другой вывод катушки соединялся с землей. Или в другом случае я подвесил два листа, как показано на Рис. 29, и каждый лист был соединен с одним из выводов катушки, а размер их был тщательно определен. Откачанную трубку можно держать в руке в любом месте между этих листов, или вообще в любом месте, даже на некотором расстоянии вне их, трубка все равно будет гореть.

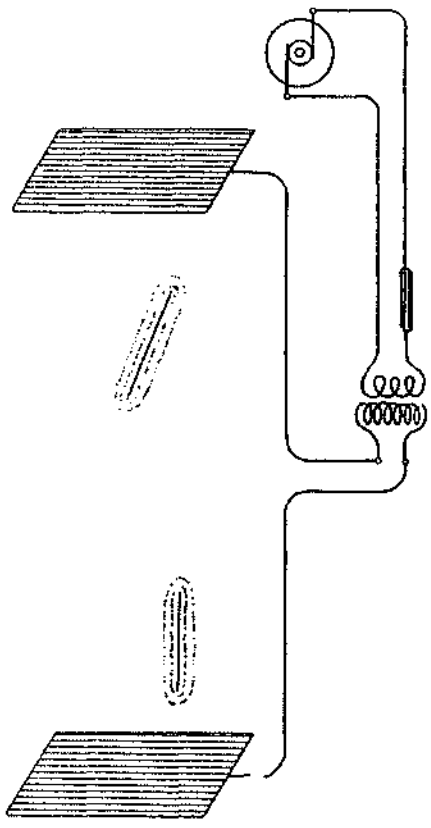


Рис. 29.

В таком электростатическом поле можно наблюдать интересные явления, особенно, если чередования поддерживаются низкими, а потенциалы — чрезвычайно высокими. Помимо упомянутых явлений свечения можно наблюдать, что любой изолированный проводник испускает искры, если поднести к нему руку или какой-либо предмет, причем искры часто могут быть мощными. Если большое проводящее тело закрепить на изолирующей стойке и поднести к нему руку, то можно ощутить вибрацию, происходящую благодаря ритмичному движению молекул воздуха, и возможно различить световые потоки, если держать руку рядом с острым выступом. Если сделать так, чтобы один или два вывода телефонного приемника соприкасались с изолированным проводником некоторого размера, то телефон будет издавать громкий звук; он также будет издавать звук, если к одному или двум выводам будет присоединен длинный провод, а при очень мощных полях звук можно различить даже когда провода нет.

Насколько этот принцип применим в практической области, покажет будущее. Можно предположить, что электростатические эффекты не подходят для осуществления подобного воздействия на расстоянии. Как кажется, электромагнитные индуктивные явления, если их можно получить для получения света, подходят лучше. Действительно, электростатические эффекты уменьшаются примерно по кубу расстоянии от катушки, тогда как электромагнитные индуктивные воздействия уменьшаются просто пропорционально расстоянию. Но если мы создадим электростатическое силовое поле, то

ситуация будет совсем другой, потому что тогда вместо разностного эффекта обоих контактов, мы получим их совместный эффект. Кроме того, мне бы хотелось привлечь внимание к эффекту того, что в переменном электростатическом поле проводник, как например откачанная трубка, стремиться вобрать как можно больше энергии, тогда как в переменном электромагнитном поле проводник стремиться вобрать энергии как можно меньше, так как волны отражаются с только лишь незначительными потерями. Есть одна причина, почему трудно возбудить откачанную трубку на расстоянии с помощью электромагнитной индукции. Я намотал обмотку очень большого диаметра и с большим количеством витков провода и подсоединил трубку Гейслера к концам катушки с целью возбуждения трубки на расстоянии. Но даже при мощных индуктивных эффектах, которые можно получить с помощью разрядов Лейденской банки, трубка могла возбуждаться только на очень малом расстоянии, хотя были определенным образом учтены и размеры катушки. Я также обнаружил, что даже самые мощные разряды Лейденской банки способны возбудить только слабые эффекты свечения в закрытой откачанной трубке, и даже эти явления по тщательном изучении я бы вынужден счесть имеющими электростатическую природу.

Как тогда мы надеемся получить желаемые эффекты на расстоянии посредством электромагнитного воздействия, если даже при максимальной близости к источнику возмущения, при самых благоприятных условиях, мы можем вызвать только лишь слабое свечение? При воздействии на расстоянии мы имеем резонанс, который и помогает нам. Мы можем соединить откачанную трубку, или другое осветительное устройство, какое бы оно ни было, с изолированной системой нужной емкости, и может увеличить эффект качественно, и только качественно, потому что мы не будем получать больше энергии через это устройство. Таким образом, мы сможем посредством резонансного эффекта получить необходимую электродвижущую силу в откачанной трубке и возбудить слабые свечения, но мы не можем получить достаточное количество энергии, чтобы сделать свет доступным практически, и простой расчет, основанный на результатах экспериментов, показывает, что даже если бы вся энергию, которую трубка будет получать на определенном расстоянии от источника, преобразовалась в свет, то и тогда это вряд ли бы удовлетворяло практическим требованиям. Следовательно, возникает необходимость направления энергии посредством проводящей цепи к месту трансформации. Но поступая так, мы не сможем заметно уйти от существующих сегодня методов, и все, что мы сможем сделать — это лишь усовершенствовать устройство.

Как видно из этих рассуждений, если и возможно практически осуществить этот идеальный способ освещения, то только с помощью электростатических эффектов. В таком случае нужны самые мощные электростатические индуктивные эффекты; таким образом, используемый аппарат должен мочь давать высокие электростатические потенциалы, с огромной быстротой меняющиеся по величине. Высокие частоты особенно хотелось бы иметь из-за того, что с практических точек зрения желательно делать потенциал пониже. При использовании машин, а точнее говоря, любого механического аппарата, получать можно только низкие частоты; следовательно, необходимо обратиться к другим средствам. Разряд конденсатора позволяет нам получить частоты гораздо более высокие, чем получаемые механически, и соответственно, с я этой целью использовал конденсаторы в экспериментах.

В том случае, когда выводы индукционной катушки высокого напряжения, Рис. 30, подсоединены к Лейденской банке, и она пробойно разряжается в цепь, мы можем увидеть, как между шаровыми набалдашниками пляшет дуга, являясь источником чередующихся, а вообще говоря, волнообразных токов, и тогда мы должны обратиться к уже знакомой системе из генератора таких токов, соединенной с ним цепи, и шунтирующего эту цепь конденсатора. Конденсатор в этом случае является на самом деле преобразователем, а так как частота очень высокая, то можно получить практически любое соотношение силы токов в обеих ветвях [цепи]. В действительности аналогия не совсем полная, потому что в пробойном разряде мы почти всегда имеем основное мгновенное изменение сравнительно низкой частоты, и наложенное гармоническое колебание, а законы, управляющие течением токов для того и другого не одинаковы.

При таком преобразовании коэффициент преобразования не должно быть слишком большим, потому что потери в дуге между шаровыми набалдашниками растет по квадрату тока, и если банку разрядить через очень толстые и короткие проводники, намереваясь получить очень быструю осцилляцию, то очень значительная часть запасенной энергии будет потеряна. С другой стороны, слишком малые коэффициенты неприменимы по ряду очевидных причин.

Так как преобразованные токи текут по практически замкнутой цепи, электростатические эффекты обязательно малы, и поэтому я преобразую их в токи или эффекты нужного характера. Я проводил эти преобразования несколькими путями. Предпочтительная схема соединений показана на Рис. 31. Способ работы [системы] позволяет легко получать с помощью небольшого и недорогого аппарата огромные разности потенциалов, которые обычно получались посредством больших и дорогостоящих катушек. Для этого нужно только взять обычную маленькую катушку, подстроить к ней конденсатор и разрядную цепь, образующую первичную цепь маленькой вспомогательной обмотки, и преобразовать с повышением. Так как индуктивный эффект первичных токов чрезвычайно велик, вторичная катушка должна иметь относительно очень немного витков. Тщательная регулировка элементов может обеспечить замечательные результаты.

Стремясь получить этим способом необходимые электростатические эффекты, я встретил, как и можно было ожидать, бесчисленные трудности, которые постепенно преодолевал, однако я все еще не готов подробно рассказать о своем опыте в данном направлении.

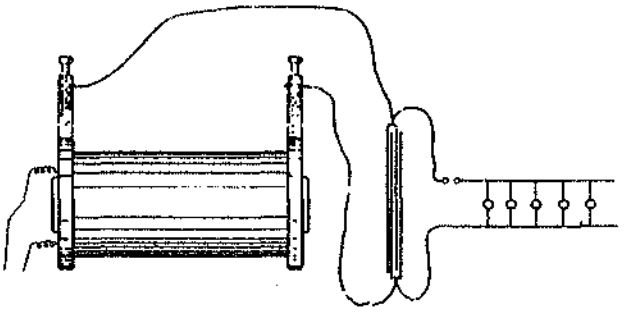


Рис. 30.

Я считаю, что пробойный разряд конденсатора будет играть огромную роль в будущем, потому что он открывает огромные возможности, и не только в области более эффективного получения света и в направлении, обозначенном теорией, но также и во многих других отношениях.

Многие годы усилия изобретателей были направлены на получение электрической энергии из тепла с помощью термостолбика. Замечание, что лишь немногие знают, каковы настоящие трудности с термостолбиком, может показаться несправедливым. Это не неэффективность или маленький выход, — хотя и они являются огромными недостатками, — главный факт состоит в том, что у термобатареи есть своя филлоксера, то есть, что при постоянном использовании она разрушается, и это до сей поры служило помехой для использования термостолбика в промышленном масштабе. И сегодня, когда все современные исследования по-видимому совершенно определенно указывают на использовании электричества очень высокого напряжения, перед многими должен встать вопрос, а почему невозможно практически осуществимым способом получать такую форму энергии из тепла. Мы привыкли смотреть на электростатическую машину как на игрушку, и она ассоциируется у нас с чем-то неэффективным и неприменимом практически. Но сегодня мы должны думать по-другому, потому что сейчас мы знаем, что везде имеем дело с одними и теми же силами, и чтобы они стали доступны — это просто вопрос изобретения соответствующих методов или устройств.

В существующих сегодня системах распределения электричества применение железа, обладающего чудесными магнитными свойствами, позволило нам существенно уменьшить

размеры оборудования; однако, несмотря на это, он все еще очень громоздкий. Чем больше мы продвигаемся в изучении явлений электричества и магнетизма, тем больше уверяемся в том, что сегодняшние методы продержатся недолго. По меньшей мере, для выработки света такие тяжеловесное оборудование, по-видимому, ненужно. Потребная энергия очень мала, и поэтому если можно получать свет так же эффективно, как, теоретически, представляется возможным, то аппарат должен иметь очень малую мощность. Поскольку есть очень большая вероятность, что в будущих методах освещения будут использоваться очень высокие потенциалы, было бы очень желательно разработать приспособление, позволяющее преобразовывать энергию тепла в энергию в нужной форме. О сделанном в данной области почти нечего сказать, потому что работе исследователей в этом направлении мешала мысль о том, что электричество напряжением в 50,000 или 100,000 вольт или больше, даже если его получить, не сможет применяться практически.

На Рис. 30 показана схема соединений для преобразования токов высокого в токи низкого напряжения посредством пробойного разряда конденсатора. Эту схему я часто использовал для питания нескольких ламп накаливания, которые были нужны в лаборатории. Я столкнулся с некоторыми трудностями, связанными с дугой разряда, но мне удалось в полной мере преодолеть их; кроме них и регулировки, необходимой для нормальной работы, мне не встретилось никаких других трудностей, и было достаточно легко питать таким способом обычные лампы и даже моторы. Когда линия заземлена, со всеми проводами можно работать совершенно безопасно, независимо от того, насколько высоко напряжение на выводах конденсатора. F3 этих экспериментах для зарядки конденсатора использовалась индукционная катушка высокого напряжения, работающая от батареи или от машины переменного тока; по индукционную катушку можно заменить другим устройством, способным вырабатывать электричество такого же высокого напряжения. Таким образом могут преобразовываться и постоянные, и переменные токи, и в обоих случаях импульсы тока могут быть любой нужной частоты. Когда токи, заряжающие конденсатор, одного направления, и нужно, чтобы преобразованные токи также были одного направления, то необходимо, конечно же, выбрать такое сопротивление разрядной цепи, чтобы не было колебаний.

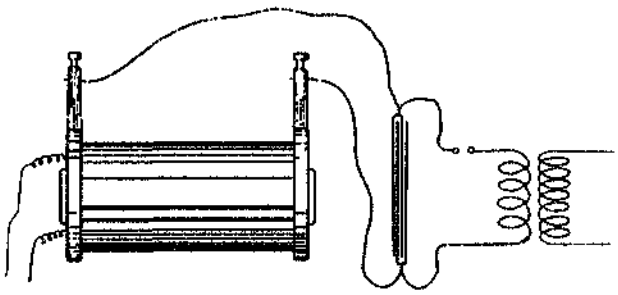


Рис. 31.

При работе устройств по описанной выше схеме я наблюдал любопытные явления импеданса, которые достаточно интересны. Например, если толстый медный прут изогнуть как показано на Рис. 32 и шунтировать обычными лампами накаливания, то тогда пропуская разряд между шаровыми набалдашниками можно довести лампы до накаливания, хотя они и замкнуты накоротко. При использовании большой индукционной катушки легко получить на пруте узлы, которые можно увидеть по разному уровню свечения ламп, как схематично показано на Рис. 32. Точно определить узлы никогда нельзя, они просто являются максимумами и минимумами потенциалов вдоль прута. Вероятно они возникают из-за нерегулярности дуги между шарами. В целом же, когда используется описанная выше схема преобразования высокого напряжения в низкое, можно подробно изучить поведение пробойного разряда. Узлы можно еще исследовать с помощью обычного вольтметра Кардью, который должен быть хорошо изолированным. Трубки Гейслера также могут светиться между [узловыми] точками изогнутого прута; в данном случае, конечно же, лучше использовать меньшие емкости. Я обнаружил, что подобным образом реально можно зажечь лампу и даже трубку Гейслера, шунтированную коротким толстым куском металла, и вначале этот результат кажется очень любопытным. На

самом деле, чем толще медный прут на Рис. 32, тем лучше для успеха этих экспериментов, и тем большее впечатление они производят. Когда используются лампы с длинными тонкими нитями накала, то очень часто можно наблюдать, что нити накала время от времени начинают очень сильно вибрировать, и наименьшие вибрации происходят в узловых точках. Скорее всего, эти вибрации возникают вследствие электростатического взаимодействия между нитью накала и стеклом лампы.

В некоторых из описанных выше экспериментов лучше использовать специальные лампы с прямой нитью накала, как показано на Рис. 33. Когда используется такая лампа, то можно наблюдать явление еще более любопытное, чем предыдущее. Лампа помещается поперек медного прута и светится, и используя немного большую мощность или, другими словами, меньшие частоты или меньший импульсный импеданс, нить накала можно доводить до любой желаемой степени накала. Но когда импеданс увеличивается, то наступает такая стадия, когда через угольный электрод идет сравнительно малый ток, а его основная часть идет через разреженный газ; или возможно более правильно утверждать, что ток делиться между ними примерно поровну, несмотря на огромную разницу сопротивления, и утверждение остается справедливым, пока газ и нить накала не начинают вести себя по-другому. Далее мы видим, что вся лампа начинает ярко светиться, а концы вводных проводов раскаляются и часто выбрасывают искры вследствие очень сильной бомбардировки, но угольная нить остается темной. Это показано на Рис. 33. Вместо нити накала можно использовать одинарную проволоку, идущую через всю лампу, и в этом случае явление будет казаться еще более интересным.

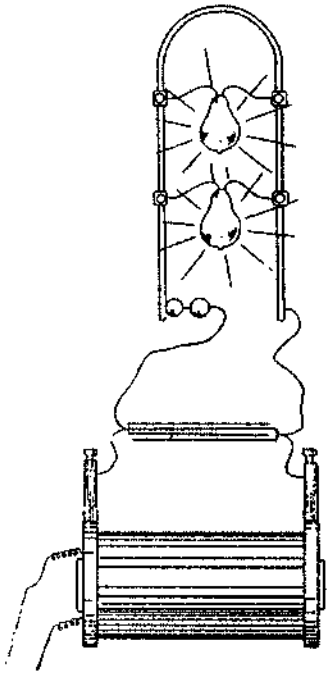


Рис. 32.

Из вышеописанного эксперимента очевидно, что когда обычные лампы питаются от преобразованного тока, лучше взять те, у которых платиновые проволочки находятся далеко друг от друга, и не следует использовать слишком высокие частоты, иначе может возникнуть разряд на концах нити накала или в основании лампы между вводными проводами, и лампа испортится.

Предоставляя вам результаты своего исследования рассматриваемого предмета, я лишь вскользь упомянул многие факты, о которых я мог бы рассказывать очень долго, и из огромного множества наблюдений я выбрал лишь те, которые, как мне казалось, будут вам наиболее интересны. Эта область очень обширна и совершенно не изучена, и на каждом шагу открывается что-то новое, встречаются новые факты.

Будущее покажет, насколько обнаруженные результаты получат практическое применение. Что же касается получения света, то некоторые из достигнутых уже результатов весьма ободряющие, и они убеждают меня в том, что практическое осуществление задачи лежит именно в том направлении, на которое я старался обратить внимание. И все же, какова бы ни была сиюминутная польза от этих экспериментов, я надеюсь, что они помогут подняться еще на одну ступень в продвижении к идеальному и законченному решению. Возможности, открываемые современными исследованиями, настолько огромны, что даже самые сдержанные должны ощутить оптимизм при взгляде в будущее. Выдающиеся ученые считают задачу использования одного вида излучения отдельно от других целесообразной. В аппарате, созданном для производства света путем преобразования любой формы энергии в энергию света подобный результат получить невозможно, потому что неважно, каким способом получают необходимые колебания, будь они электрическим, химическим или каким-либо

другим, невозможно будет получить более высокочастотные световые колебания, не пройдя через более низкие тепловые. Задача состоит в придании телу определенной скорости не проходя через все меньшие скорости. Но существует возможность получения энергии не только в форме света, но и в форме движущей силы, и в виде любых других форм энергии, неким более прямым способом от среды. Наступит время, когда эта задача будет решена, и придет время, когда кто-нибудь сможет произнести эти слова перед просвещенной аудиторией, и на него не будут смотреть как на мечтателя. Мы кружимся в бесконечном пространстве с невероятной скоростью, все вокруг нас вращается, все движется, повсюду энергия. Должен существовать какой-то способ, чтобы мы могли воспользоваться этой энергией более непосредственным образом. И когда, наконец, из среды будет получен свет, когда будет получена энергия, когда любую форму энергии люди будут получать без особых усилий из неисчерпаемого вечно существующего источника, человечество пойдет вперед гигантскими шагами. Одно только предположение о таких чудесных возможностях будоражит наши умы, укрепляет наши надежды и наполняет наши сердца величайшей радостью.

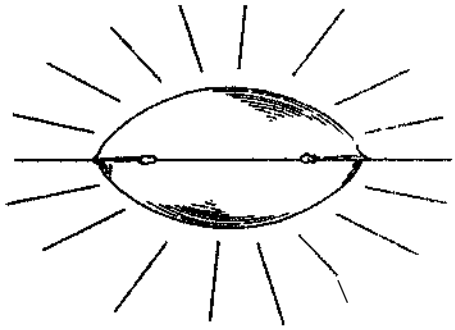


Рис. 33.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ПЕРЕМЕННЫМИ ТОКАМИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ*

У меня нет слов, чтобы выразить, сколь глубоко я ощущаю честь выступить перед выдающимися мыслителями нашего времени, а также перед столь многими талантливыми учеными, инженерами и электротехниками этой страны — величайшей по своим научным достижениям.

Результаты, которые я имею честь предложить вниманию уважаемой аудитории, я не могу назвать моими собственными. Среди вас найдется немало людей, которые с большим основанием, нежели я, могут поставить себе в заслугу то или иное научное достижение, содержащееся в данной работе. Я думаю, нет необходимости упоминать многие имена, известные во всем мире, — имен тех из вас, кто являются признанными лидерами в этой прекрасной науке; но по меньшей мере одно я упомянуть должен — это имя, которое не может быть обойдено молчанием при подобной демонстрации. Оно связывается с самым прекрасным изобретением, когда-либо сделанным: это Крукс!

Когда я еще учился в колледже, а было это довольно давно, я прочел, правда в переводе (в то время я еще недостаточно хорошо владел вашим замечательным языком), описания его экспериментов по излучающей материи. Я прочел их всего лишь раз в своей жизни — именно тогда, — но и по сей день я могу вспомнить каждую подробность этой выдающейся работы. И мало таких книг, позвольте сказать, которые могут произвели столь глубокое впечатление на ум студента.

Но если я по нынешнему случаю упоминаю это имя как одно из тех, которыми может гордиться ваш институт, то потому, что у меня есть на то более, чем одна причина. Потому что то, что я намереваюсь вам рассказать и показать сегодняшним вечером, по большому счету относится к тому самому непонятному миру, который так искусно исследовал профессор Крукс. И более того, когда я пытаюсь восстановить ход моих мыслей и проанализировать, что же привело меня к этим результатам, — которые даже я сам не могу рассматривать как незначительные, поскольку они получили столь высокую оценку с вашей стороны, — я понимаю, что истинной причиной, которая подвигнула меня на работу в этом направлении и привела к этим результатам, после долгого периода постоянных размышлений, была та небольшая захватывающая книга, которую я прочитал много лет назад.

А теперь, когда я сделал слабую попытку выразить ему свое почтение и признательность, равно как и вам, моя вторая попытка — привлечь Ваше внимание — я надеюсь, окажется не столь слабой.

Позвольте в нескольких словах представить Вам предмет моего выступления.

Не так давно я имел честь представить Американскому Электротехническому Институту некоторые результаты, полученные мной к тому времени в новом направлении. Думаю, нет необходимости убеждать Вас в том, что многочисленные проявления интереса к этой работе со стороны английских ученых мужей и инженеров были для меня большой наградой и ободрили меня. Я не буду глубоко вдаваться в уже описанные эксперименты, за исключением тех случаев, когда возникнет необходимость представить в завершенном виде, или более четко изложить,

* Лекция прочитана в IEE (The Institution of Electrical Engineers) , Лондон, Февраль 1892 г.

некоторые идеи, которые я выдвигал ранее, или же чтобы придать исследованиям, представляемым здесь, законченность, а моим замечаниям по теме сегодняшней лекции — согласованность.

Разумеется, эти исследования касаются переменных токов, а точнее, переменных токов высокого потенциала и высокой частоты. Насколько важна очень высокая частота для получения представляемых результатов — это вопрос, на который мне трудно ответить даже при всем моем опыте в этой области. Некоторые эксперименты можно провести при низких частотах, но очень высокие частоты предпочтительнее, и не только потому, что с их помощью было получено множество эффектов, но и как удобное средство получения, применяя индукционное устройство, высоких потенциалов, которые в свою очередь необходимы для получения большинства из экспериментов, которые я намереваюсь здесь продемонстрировать.

Среди множества направлений в изучении электричества, возможно, наиболее интересным и многообещающим является то, которое касается переменного тока. В этом направлении за последние годы прогресс оказался настолько велик, что оправдывает самые оптимистичные надежды. Вряд ли мы хотя бы один факт стал нам близко знаком и привычен, когда мы сталкиваемся с новым опытом, и новые открываются новые широкие дороги для исследований. Даже прямо сейчас мы лишь частично осознаем открываемые применением этих токов возможности, о которых раньше нельзя было даже мечтать. Как в природе все приходит и уходит, есть приливы и отливы, все есть волновое движение, так по-видимому и во всех отраслях индустрии всем правят переменные токи — электрическое волновое движение.

Возможно, одной из причин, почему этот раздел науки получил столь быстрое развитие, стал интерес к ее экспериментальному изучению. Мы наматываем на простое железное кольцо катушки; подключаем к генератору, и с удивлением и восхищением обнаруживаем эффекты загадочных сил, которые мы вызвали к действию, сил, которые позволяют нам преобразовывать, передавать и направлять энергию так, как нам захочется. Мы собираем соответствующие электрические цепи и видим, как масса железа и проводов ведет себя как будто она наделена жизнью, посредством невидимых связей вращая тяжелый якорь с огромной силой и скоростью — и от энергии, получаемой, возможно, с большого расстояния. Мы наблюдаем, как проявляет себя энергия проходящего через провод переменного тока, — и не столько в самом проводе, сколько в окружающем пространстве, — самым удивительным образом, принимая формы тепла, света, механической энергии, и, что самое удивительное из всего, химического сродства. Все эти наблюдения очаровываю нас, и вызывают в нас сильнейшее желание узнать больше о природе этих явлений. Каждый день мы идем на работу с надеждой на открытие, с надеждой на то, что кто-то, не важно кто, сможет решить одну из множества больших проблем, ожидающих решения. И каждый раз на следующий день мы возвращаемся к нашим задачам с еще большим рвением. И даже когда наши усилия остаются безуспешными, наша работа не пропадает впустую, поскольку во всех этих усилиях и стараниях мы провели множество часов непередаваемого наслаждения, и наша энергия была направлена на благо человечества.

Мы можем выбрать — если Вы захотите, наугад, — любой из множества экспериментов, которые можно провести с переменными токами. Из них только несколько, причем никоим образом не самые впечатляющие, составляют предмет этой демонстрации нынешним вечером. Все они в равной мере интересны, и в равной мере наталкивают на размышления.

Вот простая стеклянная трубка, из которой частично выкачан воздух. Я беру ее в руку; я привожу свое тело в контакт с проводом, несущим переменные токи высокого потенциала, и трубка в моей ярко сияет. В какое бы положение я не поместил ее, куда бы я ее не переместил в пространстве — докуда я могу дотянутся, — приятный свет продолжает светить с неослабевающей яркостью.

Вот откачанная колба, подвешенная на одном проводе. Я становлюсь на изолированную подставку, хватаюсь за нее рукой, и платиновый электрод, вмонтированный в нее, ярко раскаляется.

Вот другая колба, подключенная к вводному проводу, которая как только я прикасаюсь к ее металлическому патрону, заполняется величественными цветами фосфоресцирующего света.

А вот еще одна, которая от прикосновения моих пальцев отбрасывает тень — тень Крукса, от ножки внутри нее.

Вот вновь, изолируясь как только встаю на изолированную подставку, я устанавливаю контакт между моим телом и одной из клемм вторичной обмотки индукционной катушки, — длина этого провода катушки составляет несколько миль, — и вы видите, как бьют лучи света из ее дальнего конца, который начинает сильно вибрировать.

А вот сейчас я подсоединяю эти две пластины из проволочной ткани к клеммам катушки, располагаю их на некотором расстоянии друг от друга, и подаю на катушку ток. Вы можете видеть прохождение маленьких искр между пластинами. Я помещаю между ними толстую пластину из одного из лучших диэлектриков, и при этом, вместо прекращения потока искр, как мы привыкли ожидать, я вызываю прохождение разряда, который, по мере того, как я вставляю пластину, только меняет свой вид и принимает форму светящихся потоков.

Позвольте Вас спросить, может ли быть ли что-нибудь более интересное, нежели исследование переменных токов?

Во всех этих исследованиях, во всех этих экспериментах, которые очень, очень интересны, вот уже на протяжении многих лет — с тех пор как величайший экспериментатор, который выступал в этом зале, открыл ее принцип, — вместе с нами наш постоянный спутник, приспособление, известное всем и каждому, некогда игрушка, а ныне предмет необычайной важности — индукционная катушка. Нет приспособления дороже электротехнику. От самого знающего из вас, осмелюсь сказать, до неопытного студента, до вашего докладчика, все мы пропели много прекрасных часов экспериментируя с индукционной катушкой. Мы наблюдали ее в действии, и немало думали и размышляли над прекрасными явлениями, которые она открывала нашим восхищенным взорам. Это устройство стало настолько известным, настолько знакомы эти явления для всех, что мужество несколько покидает меня, когда я подумаю, что решился выступать перед столь знающей аудиторией, что отважился развлечь вас все той же старой темой. Здесь перед вами на самом деле тот же самый аппарат и те же самые явления, только аппарат будет работать несколько иначе, и явления предстанут в другом аспекте. Некоторые результаты этих опытов мы находим такими, какими и ожидали, некоторые удивляют нас, но все пленяют внимание, потому что в научном исследовании каждый новый полученный результат может стать центром нового направления, каждый новый познанный факт может привести к важным выводам.

Обычно при работе с индукционной катушкой мы вызываем в первичной обмотке колебания небольшой частоты при помощи либо прерывателя или размыкателя, либо генератора переменного тока. Ранние английские исследователи, достаточно упомянуть только Спотсвуда и Гордона, использовали соединенный с катушкой быстрый размыкатель. Наши сегодняшние знания и опыт позволяют ясно увидеть, почему катушки в условиях тех испытаний не являли каких-либо значительных явлений, и почему сильным экспериментаторам не удалось заметить множество удивительных эффектов, которые наблюдались впоследствии.

В таких экспериментах как сегодняшний мы питаем катушку либо от генератора переменного тока специальной конструкции, который может давать многие тысячи обращений тока в секунду, либо пробойно разряжая конденсатор через первичную обмотку. При этом мы вызываем в во вторичной обмотке колебания с частотой во много сотен тысяч, а если захотим — то и в миллионы, в секунду. И используя любой из этих способов мы вступаем в область еще не изученную.

Так не бывает, чтобы исследования в какой-либо новой области не привели бы к какому-нибудь интересному наблюдению или заслуживающему внимания факту. Тому, что это утверждение в полной мере применимо к предмету настоящей лекции, служит убедительным доказательством то множество интереснейших и неожиданных явлений, которые мы наблюдаем. В качестве иллюстрации можно привести например самые очевидные явления,

явления разряда индукционной катушки.

Вот катушка, работающая от токов, колеблющихся с огромной быстротой, получаемых с помощью пробойного разряда Лейденской банки. У студента не вызовут удивление, если лектор скажет, что вторичная обмотка этой катушки состоит из небольшой длины сравнительно толстого провода; не удивит его и если лектор сообщит, что несмотря на это, катушка может давать любое напряжение, какое только способна выдержать лучшая изоляция витков. Но даже если студент может быть подготовлен или даже индифферентен к результату, все же вид разряда катушки удивит и заинтересует его. Каждый знаком с разрядом обычной катушки; воспроизводить его здесь не нужно. Но вот, для контраста, форма разряда катушки, в первичный ток которой колеблется несколько сотен тысяч раз в секунду. Разряд обычной катушки имеет форму линии или полосы света. Разряд этой катушки возникает в форме мощных щеток и светящихся потоков, исходящих изо всех точек двух прямых проводов, подключенных к клеммам вторичной обмотки (Рис. 1).

А теперь сравните это явление, свидетелями которого Вы только что были, с разрядом машины Гольца или Вимшурста — еще одного интересного устройства, столь дорогого экспериментатору. Какая разница между этими явлениями! И еще, сделай я необходимые приготовления, — а сделать их было бы довольно непросто, не мешай это другим экспериментов, — я мог бы произвести с помощью этой катушки искры, которые, спрячь я от Ваших взоров катушку оставив видимыми только шары, даже самый внимательный наблюдатель из Вас, с трудом смог бы, если смог бы вообще, отличить бы от искр инфлюационной [электрофорной] или фрикционной машины. Это можно сделать многими путями — например, с используя индукционную катушку, которая заряжает конденсатор от генератора переменного тока очень низкой частоты, при этом желательно настроив разрядную цепь так, чтобы в ней не возникали колебания. Тогда мы получаем на вторичной цепи, при условии, разумеется, что шары нужного размера и установлены правильно, более или менее быструю последовательность искр огромной интенсивности и малого количества, столь же яркие и сопровождающиеся таким же звуком, напоминающим треск, как и получаемые от фрикционной или инфлюационной [электрофорной] машины.

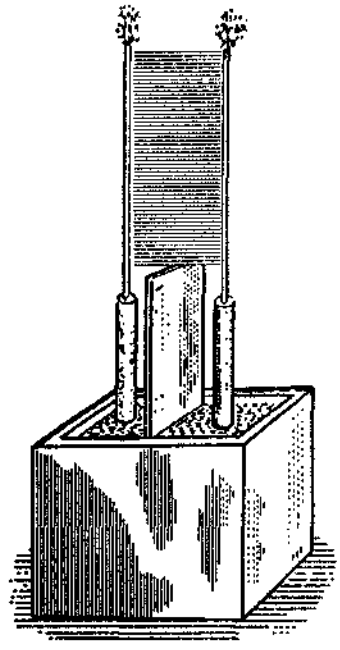


Рис. 1.

Другой способ — это пропустить через две первичные цепи, имеющие общую вторичную, токи, имеющие слегка разный период, что производит во вторичной цепи искры, возникающие через сравнительно долгие интервалы. Но у меня может получиться имитировать искру машины Гольца даже с помощью тех средств, которыми есть под рукой в этот вечер. Для этого я установлю между выводами катушки, заряжающей конденсатора, длинную неустойчивую дугу, которая периодически прерывается производимым ею восходящим потоком воздуха. Чтобы усилить поток воздуха, я помещаю на каждой стороне дуги близко к ней по большой пластине слюды. Конденсатор, заряжающийся от этой катушки, разряжается в первичную цепь второй катушки через небольшой воздушный зазор, который необходим для того, чтобы обеспечить резкий всплеск тока через первичную. Схема соединений данного эксперимента показана на Рис. 2.

G — обычный генератор переменного тока, который подает ток на первичную обмотку *P* индукционной катушки, вторичная обмотка *S* которой заряжает конденсаторы или банки *C C*. Выводы вторичной обмотки подключены к внутренним обкладкам банок, а внешние обкладки подключены к концам первичной обмотки *p p* второй индукционной катушки. В первичной *p p*

имеется небольшой воздушный зазор *a b*.

Вторичная обмотка *S* этой катушки снабжена двумя шарами или сферами *K K* соответствующего размера, установленных на подходящем для этого эксперимента расстоянии.

Между выводами *A B* первой индукционной катушки устанавливается дуга. *MM* — слюдяные пластины.

Каждый раз, когда дуга между точками *A и B* прерывается, банки быстро заряжаются и разряжаются через первичную обмотку *p p,* производя проскакивающую с треском между шарами *K K* искру. Когда между точками *A* и *B* устанавливается дуга, потенциала падает, и банки не могут зарядиться до такого потенциала, чтобы пробить воздушный зазор *a b, до* тех пор, пока воздушный поток вновь не разорвет дугу.

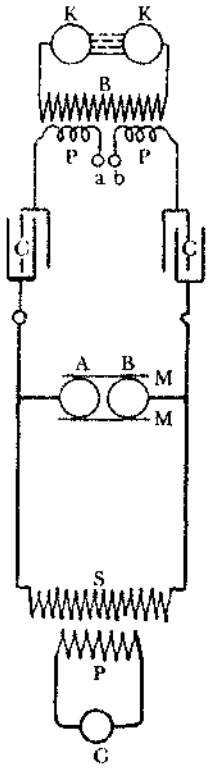


Рис. 2.

Таким образом, в первичной обмотке *p p* получаются резкие импульсы с большими интервалами, которые дают во вторичной обмотке *S* соответствующее количество импульсов большой мощности. Если шары или сферы *K K* имеют подходящий размер, то искры обнаруживают большое сходство с искрами от машины Гольца.

Но эти два эффекта, которые для глаза представляются столь различными, это лишь два из огромного множества разрядных эффектов. Стоит нам лишь слегка изменить условия испытания, и мы снова получим новые интересные наблюдения.

Если вместо запитывания индукционной катушки как двух в последних экспериментах, мы запитаем ее от генератора переменного тока очень высокой частоты, как в следующем эксперименте, то систематическое изучение этих явлений станет значительно намного легче. В этом случае, при изменении силы и частоты тока через первичную обмотку, мы можем наблюдать пять различных форм разрядов, которые я описывал в своей предыдущем выступлении по данной теме* перед Американским Электротехническим Институтом 20 Мая 1891 г.

Воспроизведение перед Вами всех этих форм разрядов заняло бы очень много времени и слишком далеко увело бы нас от основной темы сегодняшнего вечера, но одну из них мне все-таки хотелось бы вам показать. Это кистевой электрический разряд, который интересен более чем в одном отношении. При рассмотрении вблизи он очень напоминает струю газа, выходящего под большим давлением. Мы знаем, что это явление возникает благодаря возбуждению молекул вблизи контакта, и ожидаем, что должно будет образовываться некоторое тепло от столкновений молекул с контактом или друг с другом. И в самом деле, мы обнаруживаем, что кисть горячая, и даже непродолжительные размышления приводят нас к заключению, что если бы мы только смогли достичь достаточно высоких частот, то могли бы получить кисть, которая бы давала сильный свет и тепло, и которая во всех отношениях напоминала бы обычное пламя, за исключением, возможно, того, что эти два явления могут обуславливаться не одним и тем же агентом, — за исключением того, что химическое сродство может не быть электрическим по своей природе.

Поскольку образование света и тепла здесь обусловлено воздействием молекул или атомов воздуха, или чего-то еще помимо этого, и поскольку мы можем увеличивать энергию простым повышением потенциала, то, даже при частотах, получаемых от динамо машины, мы могли бы усилить эффект до такой степени, что нагрели бы контакт до плавления. Но при столь низких частотах нам постоянно пришлось бы иметь дело с чем-то, относящимся к природе электрического тока. Если я поднесу предмет из проводящего материала к кистевому разряду,

* См. Журнал "The electrical World" от 11 июля 1891 года.

то проскочит маленькая тонкая искра, хотя даже при тех частотах, которые мы используем здесь сегодня, тенденция к образованию искр не очень велика. Так, например, если я буду держать металлическую сферу на определенном расстоянии над контактом, то Вы сможете увидеть, что все пространство между контактом и сферой освещено потоками без прохождения искр; и даже при гораздо более высоких частотах, которые можно получить с помощью пробойного разряда конденсатора — не будь это для мощных импульсов, которые относительно немногочисленны, — искрения не возникает даже на очень небольших расстояниях. Однако при несравнимо более высоких частотах, которые мы еще может быть найдем способы эффективно получать, и при условии, что эти электрические импульсы таких высоких частот могут передаваться через проводник, электрические характеристики кистевого электрического разряда исчезнут полностью — не будет никаких искр, не будет ощущаться никакого удара электрическим током, — и это несмотря на то, что при этом мы будем продолжать иметь дело с электрическим явлением, но в широком, современном понимании этого слова. В своем первом выступлении, о котором уже упоминалось, я отмечал любопытные свойства кистевого разряда и описывал наилучший метод его получения, но я подумал, что мне есть смысл более точно выразиться относительно этого явления, потому что оно приобретает все больший и больший интерес.

Когда на катушку подаются токи очень высокой частоты, даже если это катушка сравнительно малых размеров, можно получить прекрасные по красоте эффекты кистевого разряда. Экспериментатор может по-разному менять их, и даже сами по себе они являются прекрасным зрелищем. Что делает их еще интереснее это что их можно получать как с одного вывода, так и с двух — на самом деле, с одной даже лучше, чем с двух.

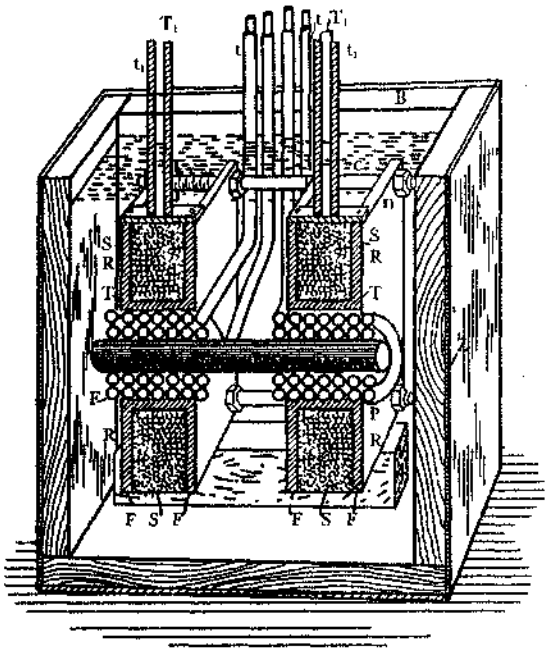


Рис. 3.

Но наиболее красивы для глаз, наиболее поучительны изо всех наблюдаемых разрядных явлений те, которые происходят, когда на катушку подается пробойный разряд конденсатора. Если все параметры аккуратно отрегулированы, мощность кистей, обилие искр производят часто изумительное впечатление. Даже с очень маленькой катушкой, если она изолирована настолько хорошо, что может выдерживать разность потенциалов в несколько тысяч вольт на виток, искры могут быть столь обильными, что вся катушка кажется единой массой огня.

Довольно любопытно, что когда выводы катушки расположены на значительном расстоянии, кажется, искры разлетаются во всех возможных направлениях, как будто контакты совершенно независимы друг от друга. Поскольку искры могут быстро разрушить изоляцию, это нужно предотвратить. Лучше всего погрузить катушку в какой-нибудь хороший жидкий изолятор, например, в прокипяченное масло. Погружение в жидкость можно считать практически абсолютно необходимым условием для ее надежной и продолжительной работы.

Разумеется, невозможно в рамках одной экспериментальной лекции, когда в распоряжении лектора всего несколько минут для проведения каждого эксперимента, показать эти разрядные явления наилучшим образом, так как чтобы получить каждое из явлений в его наилучшем виде, требуются очень тщательные настройки. Но даже если они получатся не самым лучшим образом, как вероятно будет сегодня, они достаточно впечатляющи, чтобы заинтересовать такую аудиторию.

Перед тем как продемонстрировать Вам некоторые из этих любопытных эффектов, я должен для полноты картины дать краткое описание катушки и других устройств, используемых в сегодняшних экспериментах с пробойным разрядом.

Она находится внутри ящика *B* (Рис.3) из толстых досок прочного дерева, с внешней стороны покрытого цинковым листом *Z,* который плотно спаян со всех сторон. В точных научных исследованиях, когда очень важна точность, рекомендуется рекомендуется обходиться без металлического покрытия, поскольку оно может стать причиной многочисленных ошибок, в основном из-за его сложного воздействия на катушку как в роли конденсатора очень малой емкости, так и в качестве электростатического и электромагнитного экрана. Когда катушка используется в таких экспериментах, как сегодняшние, применение металлического покрытия дает ряд практических преимуществ, но они не настолько важны, чтобы в них вдаваться.

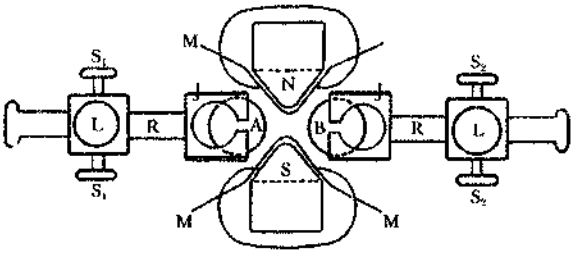


Рис. 4.

Катушка должна располагаться в ящике симметрично по отношению к металлическому покрытию, и пространство между катушкой и покрытием, конечно, должно быть не слишком маленьким, скажем, не меньше пяти сантиметров, а если возможно, то и больше. И особенно те две стороны цинкового ящика, которые расположены под прямыми углами к оси катушки, должны быть достаточно далеко последней, иначе они могут существенно ухудшить ее работу и стать источником потерь.

Катушка состоит из двух бобин из твердой резины *R R,* разнесенных на расстояние 10 сантиметров друг от друга при помощи болтов *C* и гаек n, тоже из твердой резины. Каждая бобина состоит из трубки *T* с внутренним диаметром около 8 сантиметров и толщиной 3 миллиметра, на которую навинчены два фланца *F F,* квадраты [со стороной] 24 сантиметра, расстояние между фланцами около 3 сантиметров. Вторичная обмотка S *S,* намотанная из лучшего провода с гуттаперчевым покрытием, имеет 26 слоев, по 10 витков в каждом, что в сумме для каждой половины составляет 260 витков. Две половины обмотки намотаны противоположно друг другу и соединены последовательно, причем соединение обеими частей сделано через первичную обмотку. Такое расположение частей, помимо того, что оно удобно, имеет еще то преимущество, что когда катушка хорошо сбалансирована, — то есть когда оба ее вывода *T*$_1$ *T*$_1$ подсоединены к телам либо устройствам одинаковой емкости, — то опасность возникновения пробоя через первичную обмотку практически сводится на нет, и не обязательно делать толстой изоляцию между первичной и вторичной обмотками. При использовании этой катушки желательно подключать к обеим ее выводам устройства с примерно одинаковой емкостью, поскольку если емкость выводнов разная, то велика вероятность прохождения искр на первичную обмотку. Чтобы этого избежать, можно соединить среднюю точку вторичной обмотки с первичной, но это не всегда осуществимо.

Первичная обмотка *PP* намотана из двух частей, противоположно, на деревянную бобину *W,* и все четыре вывода выведены наружу через слой масла по толстым трубкам из твердой резины tt. Выводы вторичной обмотки *Tj Tj* также выведены наружу через масло по очень толстым резиновым трубкам *t*$_1$*t*$_1$. Слои первичной и вторичной обмоток изолированы хлопковой тканью, разумеется, в некоторой пропорции по толщине от разности потенциалов между витками различных слоев. Каждая половина первичной обмотки состоит из четырех слоев, по 24 витка в каждом, что в сумме составляет 96 витков. Когда обе части первичной

обмотки соединяются последовательно, это дает коэффициент преобразования примерно 1:2.7, а когда параллельно, то 1:5.4. Однако при работе с очень быстро переменяющимся током этот коэффициент не дает даже примерного представления об отношении электродвижущих сил в первичной и вторичной цепях. Катушка удерживается в своем положении в масле на деревянных опорах, причем толщина масляного слоя повсюду вокруг катушки составляет около 5 сантиметров. Когда масло не обязательно, пространство вокруг катушки заполняется кусочками дерева, и для этого главным образом и используется деревянный ящик *B,* который все окружает.

Разумеется, представленная здесь конструкция далеко не лучшая по общим принципам, но я считаю, что она достаточно хороша и удобна для воспроизведения эффектов, в которых нужны очень большой потенциал и очень малый ток.

Совместно с катушкой я использую разрядник либо обычного вида, либо модифицированного. В первый я внес два изменения, которые обеспечивают некоторые преимущества, и которые очевидны. Если я и упоминаю о них, то только в надежде, что какой-нибудь экспериментатор найдет их полезными.

Одно из изменений, это что регулируемые шары *Au B* (Рис. 4) разрядника удерживаются в латунных зажимах JJ давлением пружины, что позволяет поворачивать их разными сторонами, тем самым избавляя экспериментатора от нудной процедуры частой их полировки.

Другое изменение состоит в использовании сильного электромагнита *N S,* который располагается так, чтобы его ось находилась под прямыми углами к линии, соединяющей шары *A* и *B,* и создает между ними сильное магнитное поле. Полюсные части магнита двигаются и имеют такую форму, что высовываются между латунными шарами, чтобы создавать поле насколько возможно интенсивное; а для того, чтобы на магнит не проскочил разряд, его полюсные части защищены слоем слюды *M M* достаточной толщины. *Sj Sj* и S_2S_2 —это

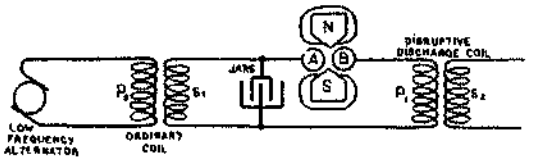


Рис. 5.

болты для крепления проводов. С каждой стороны один из болтов предназначен для крепления большого провода, а другой малого. *L L* — болты для фиксирования в определенном положении стержней *R R,* на которых держатся шары.

В другой компоновке с магнитом я беру разряд между самими закругленными полюсными частями, которые в этом случае покрываются изоляцией и желательно снабжаются отполированными латунными набалдашниками.

Применение мощного магнитного поля дает определенные выгоды главным образом когда индукционная катушка или трансформатор, от который заряжает конденсатор, работает от токов очень низких частот. В этом случае количество основных разрядов между шарами может оказаться настолько мало, что получаемый во вторичной обмотке ток для многих экспериментов не подходит. Мощное магнитное поле служат тогда чтобы гасить дугу между шарами, как только та формируется, и основные разряды идут в более быстрой последовательности.

Вместо магнита с определенным успехом можно использовать и воздушную тягу или поддув. В этом случае дуга предпочтительно устанавливается между шарами *A B,* на Рис.2 (шары *a b* либо соединены, либо вообще убраны), поскольку при таком расположении дуга длинная и нестабильная, и легко поддается воздействию потока воздуха.

Если для прерывания дуги применяется магнит, то выбрать соединение, показанное схематически на Рис. 5, поскольку в этом случае токи, образующие дугу, гораздо мощнее, и магнитное поле оказывает огромное влияние. Использование магнита позволяет заменить дугу

вакуумной трубкой, но при работе с откачанной трубкой я столкнулся с огромными трудностями.

На Рис. 6 и 7 показана другая форма разрядника, используемого в этих и схожих с ними экспериментах. Он состоит из множества латунных элементов *C C* (Рис. 6), каждый из которых имеет сферическую среднюю часть m, продолговатую нижнюю часть *e,* — она служит только для крепления детали в токарном станке во время полировки разрядной поверхности, — и верхнюю часть. Верхняя часть состоит из выпуклого фланца f, заканчивающегося стрежнем l с резьбой. На него навинчивается гайка n, при помощи которой к верхней части разрядника крепится провод. Фланец f служит, чтобы держать латунную деталь когда крепится провод, а

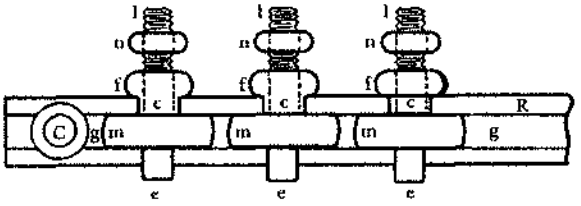


Рис. 6.

также для поворачивания в любую сторону, когда нужно подставить свежую разрядную поверхность. Две толстые резиновые полоски *R R* (Рис. 7) с желобками *g g,* вырезанными под средние части *C C* деталей, служат для более плотного закрепления деталей в своем положении при помощи двух болтов *C C* (на рисунке представлен только один из них), проходящих через концы резиновых полосок.

Я обнаружил три очень важных преимущества, которые дает использование такого типа разрядника по сравнению с разрядником обычной формы. Во-первых, если вместо одного воздушного зазора есть множество мелких, то диэлектрическая прочность воздушного промежутка той же суммарной толщины значительно возрастает, что позволяет работать с меньшей длиной воздушного зазора, а это означает меньшие потери и меньший износ металла. Во-вторых, по причине разделения одной большой дуги на множество меньших дуг полированные поверхности служат значительно дольше. И в-третьих, этот аппарат позволяет выполнять определенную калибровку в ходе экспериментов. Обычно я при помощи листов однородной толщины выставлял элементы на определенном очень маленьком расстоянии, для которого из экспериментов сэра Вильяма Томсона известна определенная электродвижущая сила, требующаяся для искрового пробоя через него.

Разумеется, следует помнить, что с увеличением частоты значительно уменьшается искровой промежуток. Беря любое количество зазоров, экспериментатор получает грубое представление об электродвижущей силе и может легче повторять эксперимент, поскольку без проблем может вновь и вновь выставлять зазор между набалдашниками. При помощи разрядника такого тина мне удавалось поддерживать колебания, при которых невооруженным глазом никаких искр между набалдашниками не наблюдалось, и не происходило сильно ощутимого повышения их температуры. Оказалось также, что такая форма разрядника хорошо подходит для использования во множестве схем с конденсаторами и цепями, которые часто очень удобны и экономят время. Я в основном использовал его в схемах, схожих с представленным на Рис. 2, когда образующие дугу токи малы.

Здесь можно было бы упомянуть опробованные мной разрядники с одним или со множеством воздушных зазоров, у которых разрядные поверхности с большой скоростью вращались вокруг своей оси. Однако этот метод не дал никаких особенных преимуществ, за исключением тех случаев, когда токи от конденсатора были большими, и нужно было поддерживать разрядные поверхности холодными, а также в случаях, когда разряд сам не осциллировал, и дуга, как только она устанавливалась, прерывалась потоком воздуха, тем самым приводя к быстрой последовательности колебаний. Я также применял многочисленными способами и механические прерыватели. Для избежания трудностей с фрикционными контактами в была подобрана следующая предпочтительная схема: установить дугу и вращать

через нее с большой скоростью слюдяной обод с большим количеством отверстий, закрепленный на стальной пластине.

Понятно конечно, что использование магнита, потока воздуха, или другого прерывателя производит достойный упоминания эффект, только если между самоиндукцией, емкостью и сопротивлением нет такого соотношения, что есть колебания, которые устанавливаются после каждого прерывания.

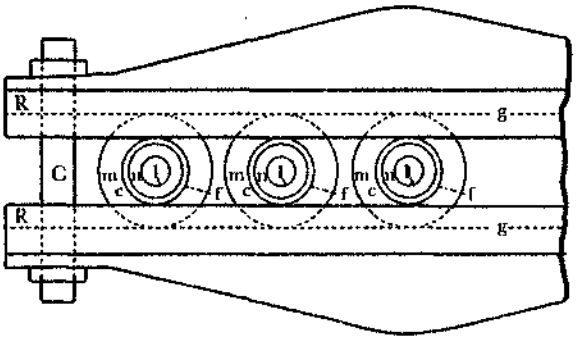


Рис. 7.

А сейчас я постараюсь показать Вам некоторые из наиболее интересных среди этих разрядных явлений.

Я натянул вдоль комнаты два обычных провода, покрытых хлопковой изоляцией, каждый длиной около 7 метров. Они поддерживаются на изолированных шнурах на расстоянии примерно 30 сантиметров. А сейчас я подключаю к каждому выводу катушки один из проводов и включаю ее. Если в комнате выключить освещение, то Вы увидите, что провода ярко освещены потоками света, исходящими изо всей их поверхности проводов несмотря на хлопковую изоляцию, которая даже может быть довольно толстой. Если эксперимент проводится при хороших условиях, то интенсивность света от проводов позволяет различать предметы в комнате. Для наилучшего результата, разумеется, нужно тщательно отрегулировать емкость банок, дугу между сферами и длину проводов. По своему опыту могу сказать, что в данном случае расчет длины приводов не дает вообще никакого результата. Самое лучшее, что может сделать экспериментатор, это изначально взять провода очень большой длины и постепенно отрезать от них куски, сначала длинные, затем меньше и меньше — до тех пор, пока не дойдет до правильной длины.

В этом и схожих с ним экспериментах довольно удобно задействовать конденсатор очень малой емкости, состоящий из двух небольших регулируемых металлических пластин. В этом случае я беру провода значительно короче и первоначально устанавливаю пластины конденсатора на максимальном расстоянии друг от друга. Если при сближении пластин конденсатора интенсивность света возрастает, то это означает, что длина проводов близка к оптимальной, если же свечение уменьшается, то длина проводов слишком велика для данной частоты и потенциала. Если в экспериментах с такой катушкой применяется конденсатор, то это всегда должен быть масляный конденсатор, потому что если использовать воздушный конденсатор, то возможны значительные потери энергии. Провода, подходящие к пластинам, находящимся в масле, должны быть очень тонкими, покрыты толстым слоем какого-нибудь изоляционного материала, и с проводящей оплеткой — она должна желательно идти и под поверхностью масла. Проводящая оплетка не должна быть слишком близко к клеммам, или концам, провода, иначе с провода на нее может пройти искра. Проводящее покрытие служит для уменьшения воздушных потерь, благодаря тому, что играет роль электростатического экрана. Что касается размеров сосуда, в котором находится масло, и размеров пластин, то даже грубая проба сразу же даст экспериментатору представление о том, какими они должны быть. Тем не менее, размеры пластин в масле можно рассчитать, поскольку диэлектрические потери очень малы.

В предыдущем эксперименте было бы весьма интересно узнать, как зависит количество излучаемого света от частоты и потенциала электрических импульсов. Мое мнение, что производимые тепловой как и световой эффекты должны быть пропорциональны, — при прочих равных условиях испытания, — произведению частоты на квадрат потенциала, но экспериментальное подтверждение этого закона, как бы оно ни проводилось, было бы чрезвычайно трудным. Во всяком случае, ясно одно: при увеличении потенциала и частоты мы быстро усиливаем интенсивность потоков света; и, хотя это и звучит может быть излишне обнадеживающе, в целом можно надеяться, что в разработке и практическом производстве таких источников света можно добиться успеха. Тогда мы будем просто использовать горелки или огни, в которых не происходит никаких химических процессов, в которых не происходит никаких затрат материалов, а только передача энергии, и которые, по всей вероятности, будут давать больше света и меньше тепла, нежели обычное пламя.

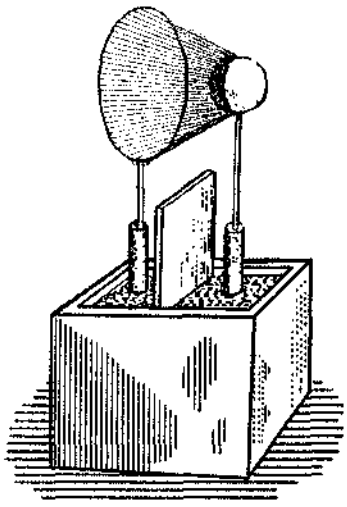


Рис. 8.

Конечно, интенсивность лучей света, если их фокусировать на небольшой поверхности, значительно возрастает. Это можно продемонстрировать на следующем эксперименте.

Я подсоединяю к одному из выводов катушки провод w (Рис. 8) и сгибаю его в петлю диаметром около 30 сантиметров, а к другому выводу подсоединяю небольшую латунную сферу *S*. Желательно, чтобы площадь петли была примерно равна площади сферы, и центр сферы располагался на линии, проходящей через центр петли под прямым углом к ее плоскости. Если разряд образуется при надлежащих условиях, то образуется полый светящийся конус, и в темноте ярко освещается одна половина сферы, как это показано на врезке.

При помощи небольших манипуляций концентрировать лучи света на небольших поверхностях и получать сильные световые эффекты довольно просто. В результате два тонких провода могут стать источниками сильного света.

Чтобы увеличить интенсивность световых лучей, провода должны быть очень тонкие и короткие, однако, поскольку в этом случае их емкость будет обычно слишком малой для катушки, по крайне мере для такой катушки, как представленная в данном эксперименте, то нужно увеличить емкость до требуемой величины, в то же время сохранения поверхность проводов очень малой. Этого можно достичь многими способами. Например, вот у меня две пластины *R R* из твердой резины (Рис. 9), на которые я наклеил два очень тонких провода *WW*, которыми написано имя. Провода могут быть оголенными или с самым лучшим изолирующим покрытием — это для успеха данного эксперимента несущественно. Но все же хорошо изолированные провода предпочтительнее. Тыльная сторона каждой пластины, на рисунке она затенена, покрыта фольгой t *t*. Пластины расположены на одной линии и на значительном расстоянии друг от друга, чтобы избежать прохождения искры с одного провода на другой. Фольгу на обеих пластинах я соединил между собой при помощи проводника С, и сейчас подсоединяю оба провода к выводам катушки. Теперь варьируя силу и частоту тока через первичную обмотку, довольно просто найти точку, в которой емкость системы наилучшим образом соответствует остальным условиям, и тогда провода начинают светиться так сильно, что если в помещении выключить освещение, то написанное проводами имя засияет яркими буквами.

Возможно, при проведении этого эксперимента, предпочтительнее использовать катушку, работающую от генератора переменного тока высокой частоты, поскольку тогда, благодаря гармоническому подъему и падению [тока], потоки света получаются очень однородными, хотя они и менее яркие, чем те, что получаются с нынешней катушкой. Подобный эксперимент

можно провести и с помощью тока низкой частоты, но намного менее удовлетворительно.

Когда два провода, подключенные к выводам катушки, расположены на нужном расстоянии друг от друга, потоки между ними могут быть столь интенсивными, что образуют сплошную световую поверхность.

Для того, чтобы продемонстрировать это явление, у мня имеются два круглых контура *C* и C (Рис. 10) из довольно толстого провода, один около 80 сантиметров в диаметре, а другой — около 30 сантиметров. К каждому из выводов катушки я подключил один из этих контуров. Поддерживающие провода изогнуты таким образом, что контуры можно насколько возможно точно поместить в одной плоскости. Если в помещении выключить освещение и включить катушку, то Вы увидите, что все пространство между проводами заполнено потоками, образующими светящийся диск, и интенсивность потоков настолько велика, что диск виден даже на довольно большом расстоянии. Внешний контур мог бы быть значительно большего диаметра, нежели тот, что сейчас перед Вами. На самом деле, с этой катушкой я использовал контуры гораздо большего диаметра, и мне удавалось получать ярко светящуюся поверхность,

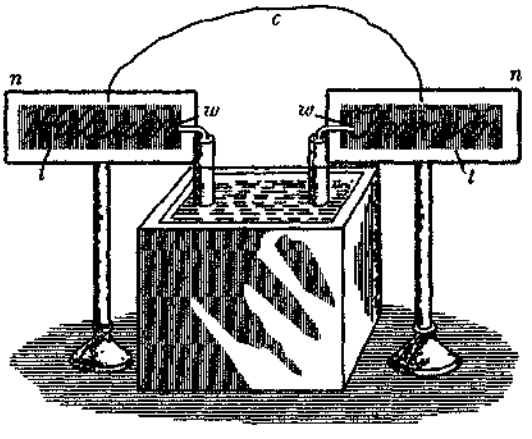


Рис. 9.

покрывающую площадь более одного квадратного метра, что для такой маленькой катушки является заметным достижением. Чтобы избежать непредвиденных осложнений в сегодняшнем эксперименте, я взял контур поменьше, и площадь составляет около 0.43 квадратных метра.

Частота колебаний тока и быстрота чередований искр между шарами в заметной степени влияют на вид потоков. Когда частота очень низкая, воздух поддается воздействию более или менее так же, как при постоянной разнице потенциалов, и потоки состоят из отдельных нитей, обычно перемежающихся тонкими искрами, которые видимо соответствуют последовательным разрядам, происходящим между шарами. Но когда частота очень большая, и дуга разряда производит очень низкий, но ровный звук, — показывая тем самым и что есть колебания, и что чередование искр происходит с большой скоростью, — тогда образующиеся светящиеся потоки совершенно однородны. Для получения такого результата следует использовать очень маленькие катушки и банки очень малой емкости. Я беру две трубки из толстого богемского стекла диаметром около 5 сантиметров и около 20 сантиметров длиной. В каждую из этих трубок я засовываю первичную обмотку из очень толстого медного провода. Сверху на каждую трубку я наматываю вторичную обмотку из гораздо более тонкого провода с гуттаперчевым покрытием. Две вторичных обмотки я соединяю последовательно, а первичные обмотки лучше соединить параллельно. Затем я помещаю трубки в большой стеклянный сосуд на расстоянии 10-15 сантиметров друг от друга на изолированных креплениях и заполняю сосуд прокипяченным маслом. Уровень масла возвышается над трубками примерно на дюйм. Свободные концы вторичной обмотки выводятся наружу из масла и располагаются параллельно друг другу на расстоянии около 10 сантиметров. Зачищенные концы должны находиться в масле. Для создания разрядов через первичную обмотку можно использовать две четырехпинтовые банки, соединенные последовательно. Когда проведена необходимая

регулировка длины проводов над поверхностью масла и расстояния между ними, а также разрядной дуги, то между проводами образуется совершенно ровная, без какой-либо структуры светящаяся поверхность, подобная обычному разряду в трубке со умеренной степенью откачки.

Я совершенно сознательно остановился столь подробно на этом кажущемся незначительным эксперименте. Опыты подобного рода приводит экспериментатора к поразительному умозаключению, что для прохождения обычных светящихся разрядов через г а з ы не требуется какая-либо определенная степень разреженности газа, но что газ может находиться при обычном и даже при повышенном давлении. Для осуществления этого важна очень высокая частота; высокий потенциал также необходим, но это только второстепенное и сопутствующее требование. Эти эксперименты учат нас, что в попытках открыть новые методы получения света посредством возбуждения атомов, или молекул, газа нам не следует ограничиваться в своих исследованиях вакуумной трубкой, а можно вполне серьезно рассматривать возможность получения световых эффектов вообще без использования каких-либо сосудов, в воздухе при обычном давлении.

Вероятно, подобные разряды очень высокой частоты, которые заставляют воздух светиться при обычных давлениях, нам часто доводится наблюдать в Природе. У меня нет сомнения, что если, как считают многие, северное сияние возникает в результате резких космических возмущений, таких как взрывы на поверхности Солнца, которые вызывают колебания электростатического заряда Земли с чрезвычайно высокой частотой, то наблюдаемое красное свечение не ограничивается верхними воздушными слоями, но разряд проходит по причине его высокой частоты также и в плотную атмосферу в виде свечения, подобного тому, которое мы обычно получаем в слабо откачанной трубке. Если бы частота была очень низкой, и даже более того, если бы заряд не колебался вовсе, плотный воздух пробивался бы так же, как при разряде молнии. Признаки такого пробоя нижних плотных слоев воздуха неоднократно наблюдались при появлении этого удивительного явления. Но если такой пробой действительно возникает, то объяснить его можно только фундаментальными возмущениями, число которых очень невелико, потому что колебания, производимые ими, были бы слишком быстрыми для того, чтобы произошел пробойный разряд. Это первичные и нерегулярные импульсы, которые воздействуют на наши приборы; накладывающиеся колебания, скорее всего, проходят незамеченными.

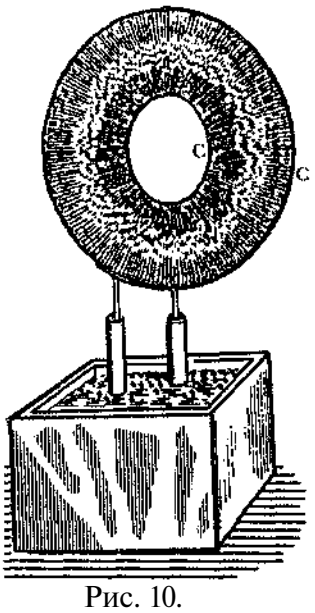


Рис. 10.

Когда обычный низкочастотный разряд пропускается через умеренно разреженный воздух, то воздух приобретает пурпурный оттенок. Если при помощи тех или иных средств мы увеличим интенсивность колебаний атомов, или молекул, то цвет воздуха сменится на белый. Похожее изменение происходит при обычных давлениях при электрических импульсах очень высокой частоты. Если молекулы воздуха вокруг провода умеренно возбуждены, то образующийся кистевой разряд имеет красный или фиолетовый цвет. Если же колебания делаются достаточно интенсивными, то потоки становятся белыми. Мы можем добиться этого различными способами. В эксперименте, продемонстрированном ранее, с двумя проводами, протянутыми через зал, я старался достигнуть результата подняв до очень высоких значений и частоту, и потенциал. В эксперименте с тонкими проводами, приклеенными к резиновым пластинам, я сконцентрировал воздействие тока на очень малой поверхности. Другими словами — я работал с огромной электрической плотностью.

Самая любопытная форма разряда получается в эксперименте с такой катушкой, когда частота и потенциал поднимаются до предела. Чтобы выполнить этот эксперимент, необходимо, чтобы каждая часть катушки была очень хорошо заизолирована, и на воздухе

находились только две маленькие сферы — а еще лучше, два стальных диска с острыми краями *(d d* Рис. 11) диаметром не больше нескольких сантиметров. Применяемая здесь катушка погружена в масло, а концы вторичной обмотки, выходящие наружу из масла, покрыты очень толстой непроницаемой для воздуха оболочкой из твердой резины. Любые трещины, если таковые появляются, должны быть тщательно заделаны для того, чтобы кистевой разряд не мог возникнуть нигде, кроме как на маленьких сферах, или пластинах, которые высунуты на воздух. В данном случае, поскольку отсутствуют какие-либо большие пластины или иные тела с большой емкостью, подключенные к клеммам, катушка способна на очень быстрые колебания. Потенциал можно поднимать, насколько считает нужным экспериментатор, путем увеличения скорости изменения первичного тока. Если катушка не сильно отличается от этой, то лучше всего соединить две первичных обмотки параллельно; но если вторичная обмотка будет иметь гораздо большее число витков, то тогда лучше соединять первичные обмотки последовательно. В противном случае колебания могут оказаться слишком частыми для вторичной обмотки. В этих условиях с краев дисков извергаются нечеткие белые потоки, которые наподобие фантомов расходятся во все стороны. Если эта катушка сделана хорошо, то длина их около 25 — 30 сантиметров. Если поднести к ним руку, то никаких ощущений нет. Искра, которая может вызвать удар электрическим током, проскакивает с вывода только если руку поднести совсем близко. Если тем или иным образом сделать колебания тока в первичной обмотке прерывистыми, то это вызовет соответствующее трепетание потоков, и тогда руку или другое проводящее тело можно подносить значительно ближе к выводу, не рискуя вызвать проскок искры.

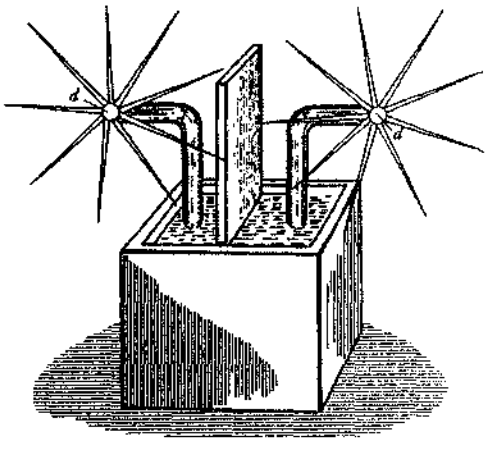


Рис. 11.

Среди множества очень красивых явлений, которые воспроизвести при помощи этой катушки, я выбрал только те, которые обнаруживают особенности, имеющие определенную новизну, и могут привести нас к некоторым интересным умозаключениям. Ни для кого не составит особого труда с ее помощью получить в лаборатории много других явлений, еще более приятных для глаз, нежели представленные здесь, но они не содержат в себе никакой новизны.

Ранние эксперименты описывают появления искр, полученных с помощью обычной большой индукционной катушки, падающих на изолированную пластину, разделяющую выводы. Совсем недавно Сименс провел некоторые эксперименты, в которых были получены прекрасные эффекты, с большим интересом наблюдавшиеся множеством людей. Несомненно, большие катушки, даже если они работают от токов низких частот, могут производить очень красивые эффекты. Тем не менее, даже самая большая когда-либо сделанная катушка не смогла бы дать даже тот величественный эффект потоков и искр, получаемый с помощью такой вот катушки с пробойным разрядом, надлежащим образом настроенной. Для общего представления, катушка, такая как эта, может легко покрыть полностью потоками пластину диаметром 1 метр. Чтобы провести подобные эксперименты наилучшим образом, следует взять очень тонкую резиновую или стеклянную пластину, на одну сторону приклеить узкое кольцо большого диаметра из оловянной фольги, а на другую — круглую шайбу, чтобы центр шайбы совпадал с центром кольца, и желательно, чтобы площадь шайбы и площадь кольца были примерно одинаковыми, для хорошей сбалансированности катушки. Шайба и кольцо должны быть подсоединены к выводам хорошо изолированными тонкими проводами. Легко наблюдать эффект емкости, получая полотно из однородных потоков, либо изящную сеть из тонких серебряных нитей, либо же массу шумных сверкающих искр, полностью покрывающих пластину.

С тех пор, как в начале прошлого года в своей статье для Американского Электротехнического Института я изложил идею о преобразовании при помощи пробойного разряда, интерес к этой теме стал значительным. Пробойный разряд дает нам возможность производить любую разность потенциалов при помощи недорогих катушек, которые работают от обычных распределительных сетей, и, что может быть еще более ценно, позволяет преобразовывать токи любой частоты в токи любой более низкой или более высокой частоты. Но главная его ценность, возможно, состоит в той помощи, которую он может оказать нам в исследовании явлений фосфоресценции, которые катушка пробойного разряда может возбуждать в бесчисленном количестве случаев, где обычная катушка, даже самая большая, не работает.

Принимая во внимание многочисленные возможности практического использования таких катушек, а также их лабораторного применения для научных исследований, не покажутся излишними, надеюсь, некоторые дополнительные замечания, касающиеся их конструктивных особенностей.

Разумеется, совершенно необходимо использовать в конструкции таких катушек провод, покрытый самой лучшей изоляцией.

Хорошие катушки получаются, если для их изготовления использовать провод, покрытый несколькими слоями хлопка, затем подвергнуть катушку кипячению в чистом воске в течении продолжительного периода времени, а после остудить при умеренном давлении. Преимущество такой катушки в том, что с ней легко обращаться, но по сравнению с катушкой, целиком погруженной в масло, она вероятно уступает в качестве результатов. Помимо этого, по-видимому, наличие большого количества воска негативно влияет на катушку, тогда как в случае масла этого нет. Возможно, это объясняется тем, что в жидкости диэлектрические потери ниже.

Сначала я использовал провода, с хлопковым и шелковым изоляционными покрытиями, которые погружались в масло, однако постепенно перешел на использование проводов с гуттаперчевой изоляцией, которая оказалась наиболее удовлетворительной. Разумеется, гуттаперчевое изоляционное покрытие добавляет катушке емкость, что является серьезным недостатком, особенно если катушка большая, и ее предполагается использовать при очень высоких частотах. Но с другой стороны, гуттаперча выдерживает намного большее напряжение, нежели той же толщины слой масла, а это ее качество следует обеспечивать любой ценой. Если катушку уже единожды поместили в масло, то никогда не следует извлекать ее из масла более чем на несколько часов, иначе гуттаперча может потрескаться, и катушка не сохранит и половины своей ценности. Вероятно, гуттаперча медленно подвергается воздействию со стороны масла, но я не нашел никаких дефектов после пребывания [катушки] в масле в течение восьми или девяти месяцев.

Я испробовал два коммерческих типа проводов с гуттаперчевым покрытием: у одного из них изоляция плотно прилегала к металлу, а у другого нет. Если не прибегать к дополнительным мерам по удалению всего воздуха, то значительно надежнее использовать первый тип провода. Я наматываю катушку в емкости с маслом так, что масло заполнило все пустоты. Между слоями провода я использую хорошо вываренную в масле ткань, толщина которой рассчитывается в зависимости от разности потенциалов между витками. При этом, как оказывается, между разными видами масла нет большой разницы; я использую парафиновое либо льняное масло.

Вот прекрасный способ для более качественного изгнания воздуха, и очень просто применимый на практике к небольшим катушкам. Изготовьте ящик из твердого дерева с очень толстыми стенками, которые в течение долгого времени вываривалась в масле. Стенки ящика должны быть пригнаны таким образом, чтобы надежно противостоять внешнему давлению воздуха. Катушка помещается внутрь ящика и закрепляется там. Затем ящик закрывается крышкой и покрывается снаружи плотно прилегающими металлическими листами, стыки которых тщательно запаиваются. В верхней части коробки просверливаются два отверстия, проходящие сквозь металл и сквозь дерево, и в эти отверстия вставляются две маленькие

стеклянные трубки, а места стыков герметизируются. Одна из трубок подсоединяется к вакуумному насосу, а другая — к сосуду, содержащему достаточное количество прокипяченного масла. В низу второй трубки отверстие очень маленькое, а сама трубка снабжена запорным краном. По достижении достаточно хорошего вакуума запорный кран открывается, и масло медленно втекает внутрь. Данная операция исключает возможность того, что между витками останутся большие пузыри, которые являются главной опасностью. Воздух изгоняется практически полностью, возможно даже лучше, чем вываривaнием, что однако, если провод имеет гуттаперчевое изоляционное покрытие, невозможно. Для первичных обмоток я использую обычный линейный провод с толстым хлопковым покрытием. Конечно, лучше всего бы для первичной обмотки подошла бы скрутка из очень тонких хорошо изолированных проводов, но их не достать.

В экспериментальной катушке размер проводов не очень важен. В катушке, которую я сегодня демонстрирую перед Вами, в первичной обмотке используется № 12, а во вторичной — № 24 мерный провод Браун и Шарп. Но сечения могут различаться довольно значительно. Я бы сказал и о различных настройках и корректировках, но они вряд ли существенно повлияют на результаты, которые мы намерены получить.

Я остановился столь подробно на различных формах кистевого разряда потому, что при их изучении мы не только наблюдаем явления, которые радуют глаз, но они еще дают нам пищу для размышлений и приводят к умозаключениям, имеющим практическое значение. При использовании переменного тока очень высокого напряжения для предотвращения появления кистевого электрического разряда не может предприниматься очень много мер предосторожности. В сети, подающей такой ток, в индукционной катушке, трансформаторе или конденсаторе кистевой разряд является источником большой опасности для изоляции. В особенности в конденсаторе, газообразное вещество должно удаляться наиболее тщательно, поскольку заряженные поверхности расположены очень близко друг к другу, и если разность потенциалов высока, то даже единственный пузырек воздуха некоторого размера вызовет нарушение изоляции так же верно, как груз упадет, если его отпустить. Тогда как если все газообразное вещество тщательно удалено, конденсатор сможет легко выдержать гораздо большую разность потенциала. Сеть, подающая переменный ток очень высокого напряжения может быть повреждена просто в результате раковины или маленькой трещины в изоляции, и более того, раковина как правило содержит в себе газа под низким давлением. И так как представляется практически невозможным избежать подобных мелких дефектов полностью, я прихожу к мысли, что в наших будущих сетях распределения электрической энергии посредством токов очень высокого напряжения будет применяться жидкостная изоляция. Наиболее важным сдерживающим фактором в этом вопросе выступает стоимость, однако, если мы используем масло в качестве изолятора, то мы сможем передавать электрическую энергию с напряжением например 100,000 вольт, и даже выше, настолько легко, по меньшей мере при более высоких частотах, что вряд ли кто-нибудь назовет это инженерным подвигом. При использовании масляной изоляции и моторах переменного тока передача электроэнергии может осуществляться надежно и на промышленном уровне на расстояния, измеряемые тысячами миль.

Характерной особенностью масел, и жидкостной изоляции в целом, при быстро изменяющемся электрических напряжениях является способность рассеивать любые газовые пузырьки которые могут присутствовать и диффундировать их по всей своей массе, как правило задолго до того, как может возникнуть вредоносный пробой. Эту особенность можно легко наблюдать, если взять обычную индукционную катушку, вынуть наружу первичную обмотку, закупорить конец трубки, на которую намотана вторичная обмотка, и заполнить ее каким-нибудь достаточно прозрачным изолятором, например, парафиновым маслом. Первичную обмотку, которая в диаметре миллиметров на шесть меньше внутреннего диаметра трубки, можно вставить в масло. Когда катушка включена, то если смотреть сверху через масло, можно увидеть множество светящихся точек — воздушных пузырьков, которые пойманы в результате вставления первичной обмотки, и которые светятся под воздействием мощной бомбардировки.

Пойманный воздух, противодействуя маслу, бьет его; масло начинает циркулировать, унося с собой часть воздуха, и так до тех пор, пока пузырьки не рассеются по маслу и свечение не пропадет. Таким же образом, если конечно не останутся большие пузырьки воздуха, делающие циркуляцию невозможной, предотвращается разрушающий пробой, с единственным эффектом — незначительным нагреванием масла. Если вместо жидкого использовать твердый изолятор, неважно даже какой толщины, то пробой его и повреждение устройства будут неизбежны.

Однако исключение газообразного вещества из любого устройства, в котором диэлектрик подвергается воздействию со стороны более или менее часто изменяющихся электрических сил, желательно не только ввиду предотвращения возможных повреждений этого устройства, но и из соображений экономии. Если, например, в конденсаторе используются только твердые или только жидкие изоляторы, то потери энергии малы. Но если присутствует газ при обычном или малом давлении, то потери могут быть стать очень значительными. Какова бы ни была природа сил, действующих в диэлектрике, представляется, что в твердых и жидких диэлектриках вызванное этими силами движение молекул очень мало.

Следовательно, произведение силы на смещение незначительно, если только сила не очень велика, что сделает это произведение большим. Молекулы могут двигаться свободно, они достигают высоких скоростей, и энергия их ударов есть потери на тепло либо на что-то другое. Если бы газ был сильно сжат, то перемещение частиц из-за плотности становится меньше, и потери энергии снижаются.

В большинстве последующих экспериментов, главным образом для обеспечения бесперебойной и нормальной работы, я предпочел задействовать генератор переменного тока, о котором уже говорилось ранее. Это одна из тех нескольких машин, которые я сконструировал для целей этих исследований. Она имеет 384 полярных выступа и способна давать ток с частотой около 10,000 в секунду. Эта машина была впервые проиллюстрирована и вкратце описана в тексте моего выступления перед аудиторией Американского Электротехнического Института 20 мая 1891 года, на который я уже ссылался. Более детальное описание, по которому любой инженер сможет изготовить подобную машину, можно найти в нескольких электрических журналах за тот период.

Индукционные катушки, которые работают от этой машины, достаточно малы и содержат от 5,000 до 15,000 витков во вторичной обмотке. Они помещены в покрытые цинковыми листами деревянные ящики, внутрь которых залито прокипяченное льняное масло.

Если изменить традиционное расположение обмоток, то есть разместить в этих катушках первичную обмотку поверх вторичной, то такое расположение предоставляет ряд преимуществ: можно использовать первичную обмотку значительно большего размера, что снижает опасность перегрева и увеличивает выход катушки. Я сделал первичную обмотку с каждой стороны по меньшей мере на один сантиметр короче вторичной для того, чтобы избежать пробоя на концах, который неизбежно возник бы, если только слой изоляции, нанесенный поверх вторичной обмотки, не был бы очень толстый, а это было бы, конечно, недостатком.

Когда первичная обмотка делается подвижной, что в некоторых экспериментах бывает необходимым и гораздо удобнее с точки зрения регулировки, я покрываю вторичную обмотку воском и обтачиваю ее на токарном станке так, чтобы ее диаметр стал чуть-чуть меньше внутреннего диаметра первичной обмотки. Первичную обмотку я снабжаю рукояткой, которая выступает над поверхностью масляного слоя и служит для перемещения ее вдоль вторичной обмотки в любое положение.

А сейчас, касательно общих манипуляций с катушкой, некоторые наблюдения с позиций, которым в более ранних экспериментах с такими катушками не придавалось должного значения, и которые даже теперь часто остаются незамеченными.

Обычно вторичная обмотка катушки демонстрирует столь высокую самоиндукцию, что текущий по проводу ток ничтожно мал, и может быть таковым даже когда выводы соединены проводником с малым сопротивлением. Если к выводам добавить емкость, то самоиндукция нейтрализуется, и по вторичной обмотке начинает течь более сильный ток, несмотря на то, что

выводы изолированы друг от друга. Для человека, совершенно незнакомого со свойствами переменных токов, ничто не будет выглядеть более загадочным. Эта особенность была продемонстрирована в проведенном в начале эксперименте с пластинами из проволочной сетки, подключенными к выводам, и пластиной из резины. Когда пластины из проволочной сетки были близко друг к другу, и между ними проходила небольшая дуга, эта дуга препятствовала прохождению сильного тока через вторичную обмотку, потому что она сводила на нет емкость на выводах. Когда между [пластинами] помещалась резиновая пластина, емкость образовавшегося конденсатора противодействовала самоиндукции вторичной обмотки, теперь тек более сильный том, и катушка совершала больше работы, и разряд был несравненно мощнее.

Так что первое, что нужно сделать при работе с индукционной катушкой, это сочетать со вторичной обмоткой емкость, чтобы преодолеть самоиндукцию. При очень высоких частотах и потенциалах следует тщательно удалить газообразное вещество от заряженных поверхностей. Если используются Лейденские банки, их следует погрузить в масло, так как в противном случае может возникнуть значительная диссипация при большом напряжении на банках. При использовании высоких частот столь же важно соединить конденсатор с первичной обмоткой. Можно подключить конденсатор к концам первичной обмотки или к клеммам генератора переменного тока, но последнее делать не рекомендуется, поскольку это может повредить генератор. Несомненно, лучше всего лучше всего использовать конденсатор последовательно с первичной обмоткой и с генератором переменного тока, и отрегулировать его емкость таким образом, чтобы свести самоиндукцию обоих последних на нет. Конденсатор должен иметь очень маленькие шаги настройки, а для очень тонкой настройки удобно использовать маленький масляный конденсатор с подвижными пластинными.

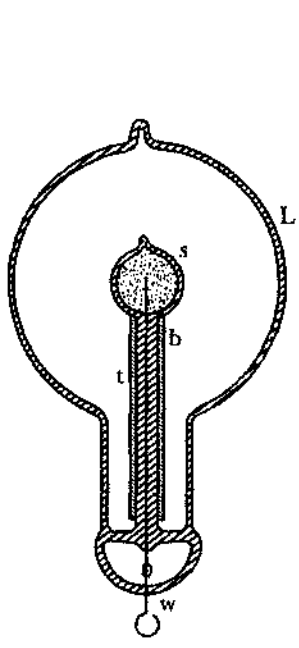


Рис. 12.

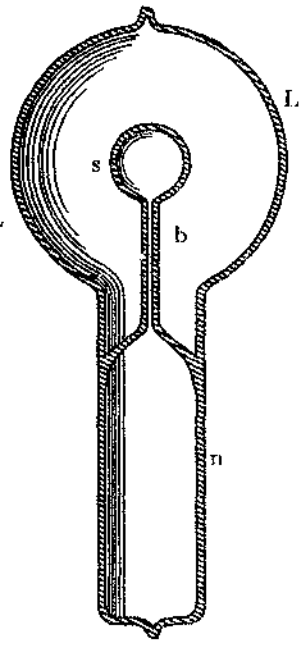


Рис. 13.

Мне кажется, что сейчас настал наилучший момент для того, чтобы продемонстрировать вам явление, которое я наблюдал некоторое время назад, и которое у тех, кто занимается именно научными исследованиями, возможно, вызовет куда больший интерес, нежели все остальные явления, которые я имею честь представить сегодня Вашему вниманию.

Это явление с вполне правомерно можно отнести к категории явлений кистевого электрического разряда — фактически это и есть кистевой разряд, образующийся на или вблизи отдельного вывода, находящегося в высоком вакууме.

В колбах с проводящими клеммами, даже если они из алюминия, кистевой разряд очень непродолжителен, и к сожалению его нельзя сохранить и поддерживать в его наиболее чувствительном состоянии, даже в колбе не имеющей проводящих электродов. При изучении этого явления всенепременно следует использовать колбы без вводных проводов. По моему опыту, лучше всего использовать колбы, конструкции которых приведены на Рис. 12 и 13.

Колба па Рис. 12 состоит из шара лампы накаливания *L,* в горловину которого впаяна трубка барометра b, конец которой выдут в виде небольшой сферы *S.* Эта сфера должна быть как можно точнее впаяна в колбу так, чтобы ее центр совпадал с центром большого шара. Перед запаиванием в трубку барометра можно вставить тонкую трубку t, изготовленную из

алюминиевого листа, но это особой роли не играет.

Маленькая полая сфера s заполняется каким-нибудь проводящим порошком, а в горловину плотно вмуровывается провод *W,* служащий для соединения токопроводящего порошка с генератором.

Конструкция, изображенная на Рис. 13, была выбрана для того, чтобы удалить от кистевого разряда любые проводящие тела, которые могли бы как-либо влиять на него. В этом случае колба состоит из шара лампы *L,* горловина которой n снабжена трубкой b с выдутой на ней маленькой сферой *S,* так что образуются два совершенно независимых отделения, как показано на рисунке. При работе с колбой горловина n покрывается оловянной фольгой и подключается к генератору, и индуктивно воздействует на средне разреженый и высоко проводящий газ, заключенный в горловине. Отсюда ток проходит через трубку b в небольшую сферу 5, чтобы он индуктивно воздействовал на газ, находящийся в шаре *L.* Лучше делать трубку t толстостенной, отверстие в ней очень маленьким, и выдувать сферу *S* очень топкой. И очень важно, чтобы сфера *S* располагалась точно в центре шара *L.*

На Рис 14, 15 и 16 изображены разные формы, или стадии, кистевого разряда. На Рис. 14 изображено появление кистевого разряда в колбе с проводящим контактом: но поскольку в такой колбе он очень быстро пропадает — часто через несколько минут, — я ограничусь описанием этого явления, как оно наблюдается в колбе без проводящих электродов. Оно наблюдается при следующих условиях:

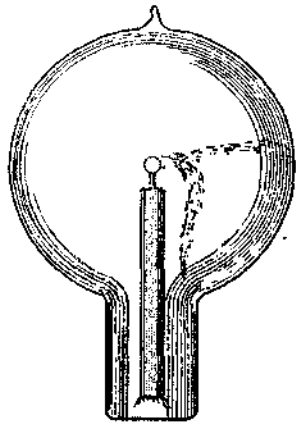


Рис. 14.

Когда шар *L* (Рис. 12 и 13) откачан до очень высокой степени, обычно колба не возбуждается при подсоединении провода *W* или оловянной фольги, покрывающей колбу (Рис. 13), к выводу индукционной катушки. Обычно для того, чтобы ее возбудить, достаточно взять шар *L* рукой. При этом по всему шару сначала растекается мощная фосфоресценция, но вскоре она уступает место белому туманному свету. Вскоре после этого можно заметить, что свечение распределяется в шаре неровно, а еще через некоторое время протекания тока колба принимает вид, изображенный на Рис 15. Из этой стадии явление постепенно, в течение нескольких минут, часов, дней или недель, в зависимости от того, как работает колба, переходит к виду, показанному на Рис. 16. Повышение температуры колбы или увеличение потенциала ускоряют этот переход.

Когда кистевой разряд принимает форму, изображенную на Рис. 16, его можно привести в состояние чрезвычайной чувствительности к электростатическому и магнитному воздействию. Когда колба свисает с провода вертикально вниз, и все окружающие объекты от нее удалены, то приближение наблюдателя к колбе на расстояние нескольких шагов вызывает отклонение пламени кистевого разряда в сторону, противоположную наблюдателю. И если наблюдатель будет продолжать ходить вокруг колбы, то пламя разряда всегда будет сохранять свое направление в противоположную от него сторону. Оно может начать крутиться вокруг вывода еще задолго до достижения этой стадии чувствительности. Как правило, когда оно начинает вращаться, но тоже до этого, на него магнит воздействует на него, и на определенной стадии он оказывается в поразительной степени восприимчивым к влиянию со стороны магнитного поля. Маленький постоянный магнит, полюса которого отстоят друг от друга не больше чем на два сантиметра, будет явно воздействовать на него на расстоянии двух метров, уменьшая или увеличивая скорость вращения, в зависимости от того, как держать магнит по отношению к кистевому разряду. Я думаю, я наблюдал, что в стадии, когда он имеет максимальную чувствительность к магнитному полю, он не является наиболее восприимчивым к электростатическому влиянию. Мое объяснение этому такое: при увеличении интенсивности потока электростатическое притяжение между разрядом и стеклом колбы, которое замедляет вращение, растет значительно быстрее, нежели влияние со стороны магнитного поля.

Когда колба с шаром *L* висит вертикально вниз, вращение всегда идет по часовой стрелке. В южном полушарии оно бы происходило в противоположном направлении, а на экваторе его не должно быть вовсе. Можно изменить направление вращения разряда на противоположное, если поместить на определенном расстоянии магнит. По-видимому, кистевой разряд вращается лучше всего, когда он расположен под прямыми углами к силовым линиям Земли. Очень похоже, что он вращается, при максимальной скорости, синхронно с переменами тока, скажем, 10,000 раз в секунду. Скорость вращения можно уменьшать или увеличивать при приближении или удалении наблюдателя, или любого другого проводящего тела, но разряд нельзя заставить вращаться в противоположном направлении путем какого-либо изменения положения колбы. Когда разряд находится в стадии своей максимальной чувствительности, и изменяется разность потенциалов или частота, чувствительность при этом быстро падает. Даже небольшое изменение любого из этих значений может вообще вызвать остановку вращения. В такой же мере на степень чувствительности влияет изменение температуры. Для достижения наибольшей чувствительности необходимо, чтобы маленькая сфера 5 располагалась в центре шара *L,* в противном случае воздействие электростатического поля стекла шара будет стремиться останавливать вращение. Сфера *S* должна быть маленького размера и равномерной толщины; любая асимметрия, конечно, уменьшает чувствительность.

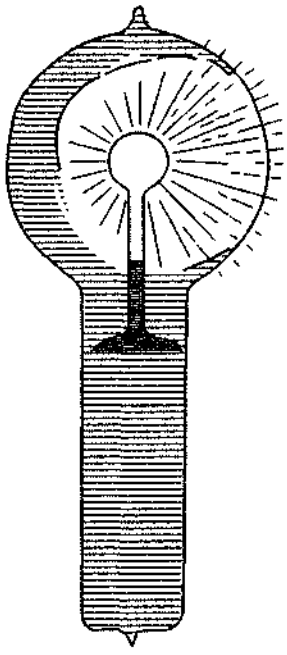


Рис 15

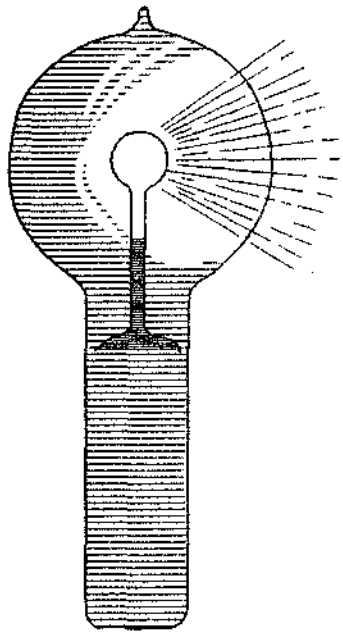


Рис 16

Тот факт, что кистевой разряд вращается в определенном направлении в постоянном магнитном поле, видимо, означает, что в переменных токах очень высокой частоты положительные и отрицательные импульсы неодинаковы, и одни из них все время преобладают над другими.

Конечно, вращение в одном направлении может быть обусловлено воздействием двух составляющих одного и того же тока в отношении друг друга, или воздействием полей, порождаемых одной из составляющих тока на другую, как это происходит в моторе с последовательным возбуждением, и при этом совсем не обязательно, чтобы одни импульсы были мощнее других. За эту точку зрения говорит тот факт, что, насколько я мог заметить, кистевой разряд вращается в любом положении. Тогда он будет вращаться в любой точке поверхности Земли. Но, с другой стороны, тогда очень трудно объяснить, почему постоянный магнит будет изменять направление вращения на противоположное, и необходимо будет предположить преобладание импульсов одного вида.

Что до причин образования кисти или потока, мне представляется, что это происходит благодаря электростатическому воздействию шара и по причине асимметрии его частей. Если бы маленькая колба *s* и шар *L* были бы идеальными концентрическими сферами из стекла одинаковой толщины и качества, то думаю, что кистевой разряд не возникал бы, поскольку пропускные свойства были бы во все стороны одинаковы. Что формирование потока происходит благодаря неравномерности, отличается от того факта, что он склонен оставаться в одном положении, и вращение происходит в основном как правило только тогда, когда его выводят положения посредством электростатического или магнитного воздействия.

Когда разряд находится в состоянии особой чувствительности и остается в одном положении, с ним можно провести весьма любопытные эксперименты. Например, экспериментатор может, выбрав для себя соответствующую позицию, поднести руку к колбе на определенное, довольно значительное, расстояние, и может одним только напряжением мышц руки заставить разряд погаснуть. Когда разряд начинает медленно вращаться, а руки расположены на нужном расстоянии от колбы, становится невозможным произвести даже самое слабое движение чтобы при этом не вызвать видимую реакцию кистевого разряда. Металлическая пластина, подключенная к другому выводу катушки, воздействует на разряд с большого расстояния, замедляя вращение нередко до одного оборота в секунду.

Я твердо убежден такой кистевой разряд, когда мы узнаем, как его нужно получать, окажет нам большую помощь в изучении природы сил, действующих в электростатическом или электромагнитном полях. Если в пространстве происходит какое-либо движение, которое поддается измерению, то такой кистевой разряд должен его обнаружить. Это, если можно так выразится, пучок света, свободный от трения и инерции.

Я думаю, он может найти себе практическое применения в телеграфии. При помощи такого разряда было бы возможно передавать сообщения, например, через Атлантический океан, с любой скоростью, поскольку его чувствительность может быть столь велика, что даже слабейшие изменения будут влиять на него. Если бы было возможным сделать поток более интенсивным и очень узким, то можно было бы легко фотографировать его отклонения.

Мне было интересно, выяснить что это — именно вращение самого потока, или же это просто напряжение гуляет по колбе. Для этой цели я установил легкую слюдяную крыльчатку так, чтобы ее лопасти располагались на пути движения кистевого разряда. Если вращается сам поток, то крыльчатка слала бы крутиться. Мне не удалось добиться сколь-нибудь отчетливого вращения крыльчатки, хотя я многократно повторял эксперимент; но поскольку крыльчатка оказывала заметное влияние на поток, и видимое вращение последнего никогда не было, в этом случае, достаточно удовлетворительным, то этот эксперимент не представляется убедительным.

Мне не удалось воспроизвести это явление с помощью катушки пробойного разряда, хотя любое другое из этих явлений легко с ее помощью получается — и на самом деле намного лучше, нежели с катушками, работающими от альтернатора.

Кистевой разряд может быть возможно получить и с помощью однонаправленных импульсов, или даже с помощью постоянного потенциала, в этом случае будет даже еще более чувствительным к магнитному воздействию.

Когда мы впервые обнаружили, что индукционная катушка может работать с переменным током высокой частоты, то это вызвало у нас большое удивление и в то же время обнаружило насколько сильно влияют значения емкости, самоиндукции и частоты на общий результат. Для этих экспериментов емкость наиболее значимый элемент, поскольку и самоиндукция, и частота изначально высоки. Критическая емкость очень мала, и даже очень небольшое колебание ее значения вызывает весьма значительные изменения. Экспериментатор может установить контакт между своим телом и клеммами вторичной обмотки катушки, либо подсоединить к обеим клеммам изолированные тела с очень малой массой, такие как колбы электрических ламп, и вызвать тем самым значительные взлеты и падения напряжения, а также сильно воздействовать на ток, проходящий по первичной обмотке. В ранее продемонстрированном эксперименте, где кистевой разряд возникал на проводе, подсоединенном к одной из клемм, и где провод начинал вибрировать при установлении контакта между изолированным телом экспериментатора и другой клеммой катушки, в этот момент происходил резкий и явный всплеск напряжения.

Я могу показать Вам иное поведение катушки, которое заключает в себе особенность, представляющую определенный интерес. Перед Вами маленькая легкая крыльчатка, изготовленная из листа алюминия, которая закреплена на игле, и установлена таким образом, чтобы могла вращаться на куске металла, болтами прикрепленного к одной из клемм катушки. При активации катушки, молекулы воздуха начинают ритмично притягиваться и отталкиваться. Поскольку сила, с которой молекулы отталкиваются, больше, чем сила, с которой молекулы

притягиваются, то на поверхностях крыльчатки возникает сила отталкивания. Если бы крыльчатка была изготовлена просто из металлического листа, то сила отталкивания на противоположных сторонах крыльчатки была бы одинаковой, и никакого эффекта не возникало бы. Но если одна из поверхностей крыльчатки покрыта экраном, или если, в общем, бомбардировка на эту сторону каким-либо образом ослабляется, то остается сила отталкивания на другой стороне, которая и заставляет крыльчатку вращаться.

Наибольшая эффективность экранирования достигается, если на одну из внешних сторон крыльчатки наложить изолированное токопроводящее покрытие, а если крыльчатка имеет форму обычного воздушного винта, то на одной из ее сторон, или в непосредственной близости от нее, следует закрепить изолированную металлическую пластину. Таким образом, можно просто избавиться от необходимости использования статического экрана, если на одной из сторон крыльчатки закрепить толстую пластину из изолирующего материала.

Чтобы показать поведение катушки, можно установить вентилятор на клемме, и при подаче на катушку тока очень высокой частоты, он будет легко вращаться. Конечно, при постоянной разности потенциалов и даже при переменном токе очень низкой частоты, крыльчатка вращаться не будет из-за очень слабого воздухообмена, и, следовательно, слабой бомбардировки. Но в последнем случае, при очень высокой разности потенциалов вращение все же может иметь место. При использовании цевочного колеса действует иное правило, совершенно противоположное по значению: крыльчатка лучше всего вращается при постоянной разности потенциалов, а прилагаемое усилие тем меньше, чем выше частота тока. В этом случае, очень легко установить такие параметры настройки, при которых разность потенциалов была бы недостаточной для вращения вентилятора, но при подсоединении другой клеммы катушки к изолированному телу, напряжение возрастало бы до такой величины, при которой вентилятор мог бы вращаться. Подобным образом можно остановить вращение, если подсоединить к клемме тело другого размера, следовательно, вызвать уменьшение разности потенциалов. В этом эксперименте вместо крыльчатки мы можем задействовать электрический радиометр, при этом будет достигнут похожий эффект. Однако в этом случае мы обнаружим, что лопасти вращаются либо при сильном разрежении воздуха, либо при обычном давлении воздуха. При умеренно повышенном давлении, когда воздух имеет повышенную электропроводность, крыльчатка вращаться не будет. Это любопытное наблюдение было подмечено сообща профессором Круксом и мной. Я приписываю полученный результат высокой проводимости воздуха, молекулы которого в отдельности не являются независимыми носителями электрического заряда, а все вместе выступают как единое электропроводное тело. Разумеется, в этом случае, если и есть какое-либо отталкивание молекул от лопастей, то оно должно быть очень мало. Однако, возможно, что данный результат частично обусловлен тем фактом, что большая часть разряда проходит по направлению: от провода — через газ с высокой электропроводностью, вместо того, чтобы идти от токопроводящих лопастей.

В предыдущем эксперименте с электрическим радиометром разность потенциалов не должна была превышать определенный предел из-за того, что электростатическое притяжение между лопастями и стеклом лампы могло стать настолько сильным, что смогло бы остановить вращение.

Наиболее любопытная особенность переменного тока высокой частоты состоит в том, что он позволяет нам выполнять большое количество экспериментов, используя только один провод. Эта особенность интересна во многих отношениях.

Несколько лет назад я изобрел тип двигателя переменного тока, который приводился в движение посредством наведения вторичного тока в массе, или других цепях двигателя. Вторичный ток образовывался от одного переменного тока, проходящего через цепь двигателя, и вместе с первичным, или наведенным токам, создавал движущее поле силы. Такой простой, но грубый по форме двигатель получается если на железный сердечник намотать первичную обмотку, и разместить ее непосредственной близости от вторичной катушки; соединить концы последней, а свободно движущийся металлический диск разместить так, чтобы он находился

под воздействием поля, образованного двумя обмотками. Железный сердечник используется по вполне очевидным причинам, но его роль не несущественна для работы двигателя. Для улучшения работы двигателя якорь помещен внутрь железного сердечника. Кроме того, для еще большего улучшения работы двигателя, вторичная катушка частично перекрывает первичную так, чтобы она подвергалась сильному индуктивному воздействию со стороны последней, и как можно сильнее отталкивала ее силовые линии. Еще одно усовершенствование,

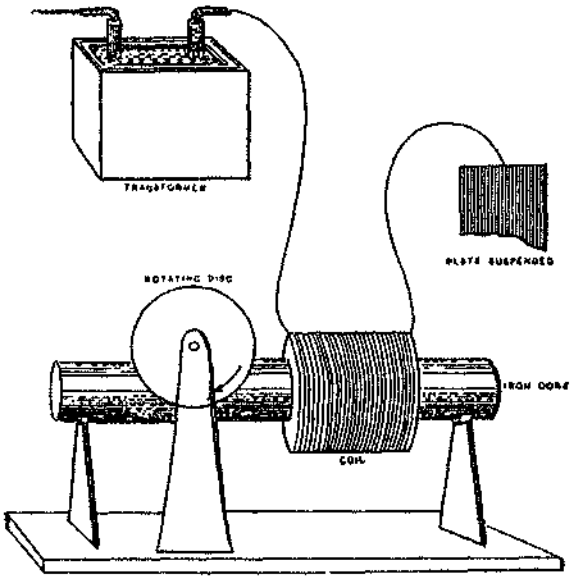


Рис. 17.

призванное улучшить работу двигателя, состоит в том, что между токами первичной и вторичной обмоток устанавливают соответствующую разность фаз при помощи конденсатора, катушки самоиндукции, сопротивления или эквивалентному ему количеству провода на обмотках. Однако я обнаружил, что вращение производится посредством только одной катушки и сердечника. Мое объяснение этому явлению, подтверждение которому я старался найти при исполнении данного эксперимента, состояло в том, что при намагничивании сердечника должна иметь место задержка во времени. Я помню, какова была моя радость, когда я в записках профессора Айртона, которые попали ко мне позже, обнаружил идею, поддерживающую мое предположение о задержке во времени. Является ли это в самом деле задержкой во времени, или это только запаздывание, которое происходит вследствие возникновения вихревых токов — вопрос остается открытым. Но не подлежит сомнению тот факт, что катушка, намотанная на железный сердечник, при подаче на нее переменного тока создает движущее поле силы и способна привести якорь в движение.

Этот факт, вместе с историческим экспериментом Араго, представляет собой определенный интерес в контексте того, что при работе с инерционными и фазовыми моторами происходило вращение их движущихся частей в направлении, противоположном движущему полю. Это означает, что в данном эксперименте магнит может не вращаться, или даже может вращаться в направлении, противоположном направлению вращения диска. Поэтому, в данном эксперименте электродвигатель (схематически представленный на Рис.17) включает в себя катушку и железный сердечник, рядом с которым располагается подвижный медный диск.

Я выбрал этот тип двигателя для демонстрации новых и интересных свойств по причинам, которые приведу позже. Когда концы катушки подсоединяют к клеммам генератора переменного тока, диск начинает вращаться. Но этот хорошо известный эксперимент не тот, который я хочу Вам показать. Я хочу продемонстрировать Вам, как этот двигатель приводится в движение при помощи одного единственного соединения между ним и генератором. То есть, одна клемма двигателя подсоединена к одной клемме генератора (в данном случае это

вторичная обмотка индукционной катушки высокого напряжения), а остальные клеммы генератора и двигателя остаются свободными. Для того, чтобы вызвать вращение, обычно (но не обязательно) подсоединяется свободный конец катушки двигателя к изолированному телу определенного размера. Для этих целей тела экспериментатора более чем достаточно. Если он прикасается к свободной клемме предметом, находящимся у него в руках, то ток проходит через катушку и медный диск начинает вращаться. Если при этом в цепь катушки последовательно включить трубку с разреженным газом, то яркий свет, исходящий из трубки, укажет на прохождение сильного тока. С тем же успехом вместо тела экспериментатора можно использовать небольшой металлическую пластинку, подвешенную на нити. В этом случае пластинка действует как конденсатор, последовательно подключенный к катушке. Это нейтрализует самоиндукцию последней и позволяет проходить сильному току. В такой комбинации, чем больше самоиндукция катушки, тем меньшего размера нужна пластинка. Это означает, что для вращения двигателя требуется меньшая частота, и, иногда, меньшая разность потенциалов. Даже одна катушка, намотанная на сердечник, имеет высокую самоиндукцию. Именно по этой причине, данный тип двигателя был выбран для проведения этого эксперимента. Если на сердечник намотать закрытую вторичную катушку, то это может привести к уменьшению самоиндукции, что вызовет необходимость повышения частоты и разности потенциалов. И то и другое не желательно, так как высокая разность потенциалов создает угрозу целостности изоляции маленькой первичной катушки, а высокая частота может привести к существенному ослаблению вращающего момента.

Надо заметить, когда применяется такой двигатель, с закрытой вторичной обмоткой, то при сверхвысоких частотах привести его в движение совсем не просто, так как вторичная обмотка почти полностью обрезает силовые линии первичной, что позволяет проходить току лишь на мгновение. И чем выше частота — тем сильнее это проявляется. В этом случае, если вторичная обмотка не закрывается через конденсатор, а это существенно для получения вращения, то первичную и вторичную катушки располагают так, чтобы они более или менее перекрывали друг друга.

Но есть еще одно интересное свойство этого двигателя, а именно: для того, чтобы вызвать его вращение, нет необходимости в использовании даже единичного соединения между двигателем и генератором, кроме как через землю. Это возможно потому, что изолированная пластина способна не только излучать энергию в пространство, но и таким же образом получать ее через переменное электростатическое поле, несмотря на то, что в последнем случае доступная энергия значительно меньше. В этом примере одна из клемм двигателя подсоединяется к изолированной пластине или телу, расположенному внутри переменного электростатического поля, а другая клемма заземляется.

Однако возможно, что такие "беспроводные двигатели", если их так можно назвать, будут работать находясь на значительном расстоянии от источника энергии, если их подключать через разреженный газ. Переменный ток, особенно высокой частоты с удивительной легкостью передается даже через слабо разреженный газ. Верхние слои атмосферы разреженны. Чтобы достигнуть высоты в многие мили, потребуется преодолеть трудности чисто механического свойства. Нет сомнения, что при огромной разности потенциалов, получаемой при использовании высокой частоты и масляной изоляции, светящиеся разряды можно передавать на многие мили через разреженный воздух. При таком управлении энергией в многие сотни и тысячи лошадиных сил, двигатели или лампы могут работать, находясь на значительном расстоянии от стационарного источника тока. Но такие схемы работы рассматриваются только как возможные. Возможно у нас вообще не будет необходимости в транспортировке энергии. Пройдут многие поколения и наши механизмы будут приводиться в движение силой, получаемой в любой точке вселенной. Эта идея не нова. Человечество идет к ней давно, ведомое инстинктом, или выгодой. Эту идею выражали разными способами, и в разных местах, как в древности и в новейшей истории. Мы находим ее в очаровательном мифе об Антее, который набирался сил от земли. Мы находим ее среди теорий одного из ваших великих математиков, а также среди изречений и высказываний многих современных мыслителей. Энергия находится

повсюду в пространстве. Является ли эта энергия статической или кинетической? Если она статическая, то наши надежды тщетны. Если она кинетическая — а мы совершенно определенно знаем, что это именно так — то люди когда-нибудь смогут подключать свои машины к главному маховику природы, это лишь вопрос времени. Ближе всего к этому подошел Крукс. Его радиометр будет работать и при свете дня, и во тьме ночи. Он будет работать везде, где есть тепло, а тепло есть везде. Но, к сожалению, эта красивая маленькая машина останется в памяти последующих поколений как наиболее интересное изобретение, и в тоже время будет занесена в книгу рекордов как самая неэффективная машина из когда-либо изобретенных человеком.

Предыдущий эксперимент — только один из многих не менее интересных экспериментов, которые можно провести с переменным током высокого напряжения и частоты, и с использованием только одного провода. Мы можем подсоединить изолированный провод к источнику такого тока; мы можем передать ничтожно малый ток по этому проводу, и в то же время в любой его точке получить ток такой силы, что он способен расплавить толстый медный провод. В ином варианте, мы сможем с помощью некоторых приемов, разложить раствор в любом электролитическом элементе, подсоединив только один полюс элемента к проводу или источнику энергии. Мы сможем заставить светиться лампу накаливания, трубку с разреженным газом, или колбу с фосфоресцирующим веществом, всего лишь подключившись к проводу, или если расположим их поблизости от провода.

Однако этот, неосуществимый во многих случаях план, представляется абсолютно выполнимым и даже рекомендуемым при получении света. Усовершенствованная лампа должна потреблять немного энергии, и уж если мы не может отказаться от использования проводов вообще, то мы хотя бы должны обеспечить подачу электроэнергии без использования обратного провода.

Теперь уже доказан факт, что тело может накаляться и светиться, находясь в непосредственном контакте или просто вблизи источника электрических импульсов с определенными характеристиками, и что полученного таким образом света достаточно для его практического применения. Поэтому, сейчас для достижения этой цели, стоит по меньшей мере предпринять усилия к определению наилучших условий применения и постараться разработать самые лучшие устройства.

В этом направлении уже были проведены некоторые опыты и я кратко остановлюсь на них в надежде, что они окажутся небесполезными.

Нагрев электропроводного тела, заключенного в лампе и подсоединенного к источнику часто изменяющихся электрических импульсов, зависит от такого большого количества причин, имеющих различную природу, что довольно трудно определить общеприменимое правило, следуя которому можно было бы добиться максимального нагрева. Что касается размеров сосуда, то в последнее время я обнаружил, что при обычном или даже слабо отличающемся от обычного, атмосферном давлении, когда воздух является хорошим изолятором, и следовательно тело излучает одинаковое количество энергии при определенной разности потенциалов и частоте, вне зависимости от того, является ли тело большим, или маленьким, оно нагревается до более высокой температуры, если помещено в меньший сосуд вследствие более плотного ограничения распространения тепла.

При низком давлении, когда воздух становится более или менее электропроводным, или если воздух нагрет достаточно для того, чтобы стать электропроводным, в большой лампе тело раскаляется до более высокой температуры, видимо потому, что при прочих равных условиях в большой лампе тело может излучать большее количество энергии.

При очень высокой степени разрежения воздуха, когда вещество в лампе становится "лучистым", большая лампа имеет преимущество над маленькой, но оно сравнительно невелико.

Наконец, при очень высокой степени разрежения, которая может быть достигнута только при помощи специальных средств, какого-либо существенного различия в степени нагрева тела в сосудах большего, или меньшего размеров не наблюдается.

Эти наблюдения являются результатом большого числа экспериментов., один из которых, призванный продемонстрировать эффект размера лампы при высокой степени разрежения, может быть описан и показан здесь, поскольку представляет определенный интерес. Были взяты три сферических лампы размером в 2 , 3 и 4 дюйма в диаметре. В центре каждой лампы были вмонтированы нити накаливания одинаковой длины и толщины. В каждой лампе часть нить накала прикреплена к ведущей внутрь платиновой проволоке, проходящей внутри впаянной в лампу стеклянной ножки. Конечно, по возможности, все они были как можно более похожими друг на друга. На каждой стеклянной ножке с внутренней стороны лампы расположена очень гладкая трубка, сделанная из листа алюминия, которая плотно подогнана к ножке и удерживается на ней под действием пружины. Назначение алюминиевой трубки будет объяснено чуть позже. В каждой лампе над металлическими трубками выступают части нити накала равной длины. Здесь мне представляется важным заметить, что при в условиях соблюдена равная длина и толщина нитей накала. Другими словами, нагреванию подвергались тела одинакового объема. Все три лампы припаяны к стеклянной трубке, которая подключена к помпе Спренгеля. По достижении сильного вакуума, стеклянную трубку, на которой крепятся лампы, наглухо запаивают. Затем к каждой лампе последовательно подключили ток. При этом нити накала достигли примерно одинаковой яркости, хотя самая маленькая лампа, расположенная посередине между двумя большими, могла бы быть немного поярче. Этот результат ожидался, так как когда одну из ламп подсоединяли к катушке, то яркий свет возникал и в двух других, демонстрируя таким образом, что на самом деле три лампы составляли единый сосуд. При параллельном подключении всех трех ламп к катушке, то в самой большой из них нить накала излучала яркий свет, в лампе поменьше — яркость была поменьше, а в самой маленькой — нить накала только покраснела. Затем лампы были разделены и подвергнуты испытаниям по отдельности. Яркость нитей накала стала такой как и ожидалось, т.е энергия выделялась пропорционально поверхности ламп. Эта поверхность в каждом случае выступает как одно из покрытий конденсатора.

Таким образом, между самой большой и средней лампами различия оказались меньше, чем между средней и самой маленькой лампами. В этом эксперименте было сделано интересное наблюдение. Все три лампы были подвешены на прямом оголенном проводе, подключенном к клемме катушки. На конце провода размещалась самая большая лампа, на некотором расстоянии от нее — самая маленькая, а средняя лампа — на таком же расстоянии от самой маленькой. Угольные электроды в больших лампах светились так, как и ожидалось, но в самой маленько из них свечение значительно ни слабее того, что могла выдать лампа. Это наблюдение навело меня на мысль изменить расположение ламп и я заметил, что какая бы из ламп не находилась посередине, она светила менее ярко, чем в любом другом положении. Этот таинственный результат был, конечно, следствием электростатических взаимодействий между лампами. Когда они располагались на значительном расстоянии друг от друга, или располагались по углам равностороннего треугольника из медной проволоки, они светили так, как и предопределялось размерами их поверхностей.

Что касается формы сосуда, то она также имеет довольно важное значение, особенно при высокой степени разрежения газа. Из всех возможных конструкций, наиболее пригодной для использования представляется сфера, в центре которой располагается вмонтированное в нее тугоплавкое тело. Опыт проведения таких экспериментов показал, что в сосуде сферической формы тугоплавкое тело заданного объема раскаляется значительно легче, чем в сосуде любой другой формы. Кроме того, по совершенно очевидным причинам, лучше, чтобы тело, которое подлежит накалу, также имело сферическую форму. В любом случае тело должно быть расположено в центре, где сталкиваются атомы, рикошетом отлетающие от стеклянных стенок. Этот процесс лучше происходит в сферическом сосуде, но он также происходит и в сосуде цилиндрической формы с одной или двумя прямыми нитями накала, расположенных по оси цилиндра. Кроме того, накаливание возможно, когда тугоплавкое тело, или тела, размещены в фокусе, или в фокусах, сосуда параболической или сферической форм. И это несмотря на то, что в последнем случае такое кажется невероятным, поскольку атомы, несущие электрический

заряд, должны в любом случае нормально отражаться от поверхности. Но если скорость атомов не чрезмерна, то в этом случае они могут двигаться, подчиняясь общему закону отражения. Независимо от используемой формы сосуда, если разрежение в нем слабое, то нить накала раскаляется равномерно по всей длине. Однако, если степень разрежения велика, а лампа имеет сферическую или грушевидную форму, то обычно образуется фокальная точка, и нить накаливания накаляется больше именно в этой точке, либо вблизи нее. Чтобы проиллюстрировать этот эффект, я возьму две похожие маленькие лампы, с тем лишь различием, что в одной из них сильных вакуум, а в другой слабый. При подключении к катушке, в лампе со слабым вакуумом нить накала светится равномерно по всей длине, в то время как в лампе с сильным вакуумом, центральная часть нити светится более интенсивно, чем по краям. Примечательно то, что это явление происходит, даже если в лампе находятся две нити накаливания, каждая из которых присоединена к одной из клемм катушки. Но что еще более интересно, если они расположены близко друг от друга, то вакуум становится сильнее. В процессе эксперимента с этими лампами я заметил, что нить накала обычно прогорает в определенном месте. Сначала приписал это дефекту в углеродном электроде. Но затем, когда это явление повторилось многократно, мне удалось установить его настоящую причину. Для того, чтобы довести тугоплавкое тело в лампе до высшей степени накала, а это важно по экономическим причинам, нужно, чтобы вся энергия, поступающая к лампе от источника, без потерь достигала тела, не расходуясь никуда, кроме как на излучение. Разумеется, мы не ставим себе целью достичь этого теоретического результата, но при проектировании осветительных приборов к этому нужно стремиться. По многим причинам тугоплавкое тело помещают в центре лампы, и обычно оно держится на стеклянной ножке, внутри которого находится ведущий внутрь провод. Как только разность потенциалов на концах этого провода изменяется, разреженный газ, окружающий ножку, подвергается индуктивному воздействию, а стеклянная ножка подвергается сильной бомбардировке атомами, вследствие чего нагревается.

Таким образом, значительная часть энергии, подаваемой к лампе — особенно, если используется ток очень высокой частоты — может теряться, не достигая цели. Для того чтобы избежать этих потерь или свести их к минимуму, я обычно экранирую разреженный газ, окружающий ножку, от индуктивного воздействия ведущей внутрь проволоки, снабжая ножку трубкой или покрытием из электропроводного материала. Лучшим из металлов, пригодных для этих целей, несомненно, является алюминий, обладающий многими замечательными свойствами. Единственным его недостатком является его легкоплавкость, и поэтому, расстояние между ним и накаливаемым телом должно быть рассчитано очень точно. Обычно, из тончайшего алюминиевого листа делается тонкая трубка, диаметром чуть меньше, чем диаметр стеклянной ножки, и надевается на ножку. Трубку легко изготовить накручивая алюминиевый лист соответствующего размера на стержень, закрепленный в токарном станке. Для этого алюминиевый лист крепко удерживают куском чистой свиной кожи или промокательной бумаги и быстро вращают стержень. Лист плотно прилегает к стержню и получается очень гладкая трубка, состоящая из одного — трех слоев. При насаживании ее на ножку, обычно давления обхвата бывает достаточно, чтобы предотвратить ее соскальзывание, но для большей безопасности нижний край листа можно завернуть внутрь. Верхний внутренний угол листа (тот, который ближе всего находится к тугоплавкому накаляемому телу) должен быть обрезан по диагонали, так как часто случается, что под воздействием высокой температуры он выворачивается наружу и контактирует, либо близко подходит к проводу или нити накаливания, поддерживающей тугоплавкое тело. Теперь большая часть энергии, подаваемой к лампе, расходуется на нагревание металлической трубки, и лампа оказывается бесполезной для этих целей. Алюминиевый лист должен выступать над уровнем стеклянной ножки в большей или меньшей степени — на один дюйм, или около того — иначе, если стекло будет слишком близко располагаться от накаливаемого тела, оно может сильно нагреться и стать в некоторой степени электропроводным, от чего оно может треснуть. Либо, вследствие приобретенной электропроводности, оно может установить хороший электрический контакт между металлической трубкой и запаянным в стекло проводом. В этом случае также большая

часть энергии будет расходоваться на нагревание трубки. Возможно, что лучший выход — это сделать верхнюю часть трубки меньшего диаметра, примерно на один дюйм, или чуть больше. Для того, чтобы в дальнейшем уменьшить опасность, возникающую из-за нагрева стеклянной ножки и предотвратить образование электрического контакта между металлической трубкой и электродом, я предпочитаю обертывать ножку несколькими слоями тонкой слюды, которые должны быть, по меньшей мере, вровень с металлической трубкой. В некоторых лампах я также использовал внешнее изолирующее покрытие.

Предыдущие замечания приведены только для того, чтобы помочь экспериментатору в его первых опытах. А трудности, которые будут встречаться ему в дальнейшем, он может преодолеть своими силами.

Для того, чтобы показать эффект экрана, и преимущество его использования, я взял две лампы как можно более походящий одна на другую, одного и того же размера, со стеклянными ножками, внутри которых имеются ведущие внутрь провода, к которым в свою очередь подсоединены нити накала. Стеклянная ножка одной лампы снабжена алюминиевой трубкой, а другая — нет. Сначала обе лампы соединялись трубкой, которая была подключена к помпе Спренгеля. По достижении сильного вакуума, сначала запаивается соединительная трубка, а затем лампы. Таким образом в обеих лампах образуется вакуум одинаковой величины. Когда лампы по отдельности присоединяли к катушке, выдающей определенную разность потенциалов, угольная нить накаливания в лампе, снабженной алюминиевым экраном, достигала высокой степени накала, в то время как нить накала в другой лампе, при той же разности потенциалов, даже не покраснела, хотя на самом деле она потребила больше энергии, чем первая. Когда их вместе присоединили к клемме катушки, разница стала еще более очевидной, что показало важность экранирования. Металлическая трубка, надетая на стеклянную ножку, в которую впаян провод, выполняет две различных функции. Во-первых, она действует как электростатический экран, и таким образом снижает потери энергии, подаваемой на лампу. Во-вторых, если вдруг по каким-либо причинам она не сможет действовать электростатическим путем, она выполнит свои функции механическим путем: предотвратит бомбардировку, и, следовательно, интенсивный нагрев и возможное разрушение тонкой опоры тугоплавкого накаливаемого тела, или стеклянной ножки с впаянным в нее проводом.

Я говорю "тонкая опора", так как очевидно, что для того чтобы более полно ограничить тепло нагреваемого тела, его опора должна быть очень тонкой, чтобы она уносила наименьшее количество тепла за счет [тепловой] проводимости. Среди всех опор, которые мне довелось использовать, самой лучшей оказалась нить накаливания обычной лампы, так как по сравнению с прочими проводниками она лучше всего противостоит сильному нагреванию.

Эффективность металлической трубки как электростатического экрана зависит в основном от степени разреженности газа.

При очень высокой степени разрежения, — достичь ее можно, если очень осторожно использовать специальные методы в сочетании с помпой Спренгеля, — когда вещество внутри сферы находится в сверхлучистом состоянии, ее действие наиболее эффективно. При этом тень верхнего края трубки четко видна на лампе.

При более низкой степени разрежения воздуха, давление которого примерно равно обычному "не пробиваемому" вакууму, как правило, пока частицы вещества движутся в прямом направлении, экран хорошо справляется со своей задачей. В качестве дополнительного пояснения к предыдущему замечанию необходимо показать, что представляет собой "не поддерживающий разряд" вакуум применительно к катушке, работающей в обычном порядке — от импульсов или тока низкой частоты, в отличие от катушки, работающей от тока очень высокой частоты. В этом случае, через разреженный газ разряд может проходить с большой легкостью, а низкочастотный разряд пройти не может, даже при значительно более высокой разности потенциалов. При обычном атмосферном давлении действует обратное правило: чем выше частота тока, тем меньше возможностей у искрового разряда проскочить между клеммами, особенно если они представляют собой шишаки, либо сферы, размером с шишаки.

Наконец, при очень низкой степени разрежения, при которой газ имеет хорошую электропроводность, металлическая трубка не только не действует как электростатический экран, но даже наоборот, она в значительной степени способствует рассеиванию энергии с поверхности впаянного провода. Конечно, этого следовало ожидать. То есть, в этом случае между металлической трубкой и впаянным проводом установлен хороший электрический контакт, и большинство бомбардирующих атомов направлены на трубку. Пока электрическое соединение не очень хорошее, электропроводная трубка дает некоторые преимущества, хотя и не сильно способствует экономии энергии. Она обеспечивает защиту ножки тугоплавкого электрода и служит также для концентрации на ней большей энергии.

Независимо от того, в какой степени алюминиевая трубка выполняет функции экрана, ее

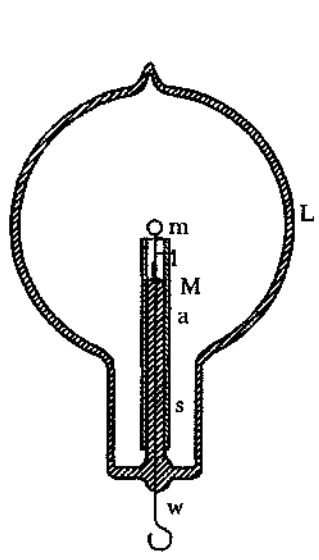


Рис. 18.

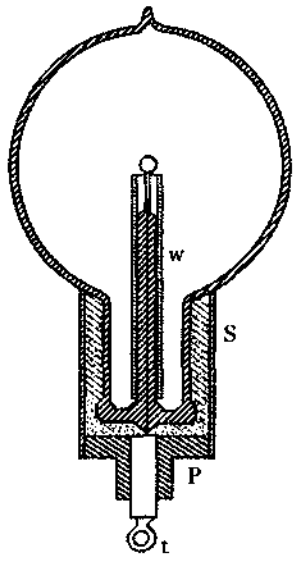


Рис. 19.

полезные свойства пропадают при очень высокой степени разрежения, когда она изолирована от электродов. То есть, тогда, когда газ как таковой не является проводником: его молекулы или атомы выступают как независимые носители электрических зарядов.

Токопроводящая трубка или покрытие, помимо того, что действуют как более или менее эффективный экран в истинном значении этого слова, в силу своей электропроводности могут также выступать в качестве разновидности эквалайзера, или в качестве элемента, снижающего интенсивность бомбардировки стеклянной ножки. Я представляю себе это действие следующим образом: представьте себе процесс ритмичной бомбардировки электропроводной трубки, возникший по причине того, что недостаточно хорошо работает в качестве экрана. При этом неизбежно часть молекул, или атомов, должны воздействовать на трубку быстрее, нежели остальные. Те из них, которые первыми вступают в контакт с ней, передают ей свой избыточный заряд и трубка электризуется. Электризация немедленно распространяется по всей поверхности трубки. Но это должно снизить потери энергии, происходящие в результате бомбардировки по двум причинам: во-первых, заряд передаваемый атомами, распространяется по большой площади, и следовательно, электрическая плотность в любой точке невелика, и атомы отталкиваются с меньшей силой, нежели они это делали бы во время ударов о хороший изолятор; во-вторых, поскольку трубка наэлектризовывается атомами, первыми вступившими с ней в контакт, то движение последующих атомов к трубке затруднено из-за отталкивающего эффекта, который возникает между трубкой и одинаково с ней заряженными атомами. Возможно, что сила отталкивания достигает такой величины, что значительная часть атомов не может достичь трубки, но в любом случае она должна уменьшить энергию их воздействия. Понятно, что при очень слабом разрежении и тогда, когда газ электропроводен, никакой из

описанных выше эффектов произойти не может. С другой стороны, все меньше атомов могут перемешаться с большой свободой. Другими словами, чем выше степень разрежения, чем она ближе к предельной — тем более выразительны оба этих эффекта.

Все вышесказанное позволяет объяснить явление, которое наблюдал профессор Крукс. Он заметил, что разряд, проходящий через лампу, возникает значительно легче при наличии в ней изолятора, чем если бы в ней находился проводник. По моему мнению, проводник в качестве успокоителя движения атомов действует двумя отмеченными способами. Следовательно, чтобы вызвать видимый разряд, проходящий через лампу, в случае наличия проводника, особенно с большой поверхностью, необходима большая разность потенциалов.

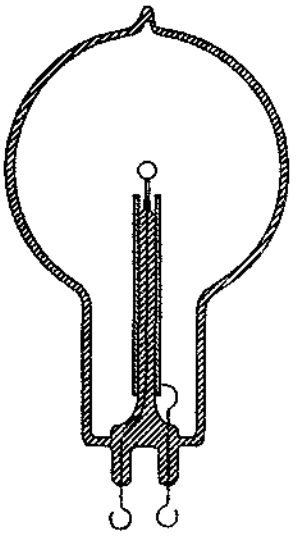


Рис. 20.

Для того, чтобы прояснить некоторые сделанные ранее замечания, я должен буду обращаться к рисункам 18, 19, 20, на которых изображены разные типы наиболее часто используемых ламп.

На рис. 18 показано поперечное сечение сферической лампы *L* со стеклянной ножкой *S.* В ножку запаян провод *W,* к которому прикреплена нить накаливания /, служащая опорой для тугоплавкого электрода т, расположенной в центре. *M* — лист тонкой слюды, в несколько слоев обернутый вокруг ножки *S,* а *a* — алюминиевая трубка.

На Рис. 19 изображена эта же лампа, но с некоторыми улучшениями. Металлическая трубка S закреплена при помощи небольшого количества цемента в горловине трубки. В трубку ввинчена пробка *P,* сделанная из изолирующего материала, в центре которой закреплена металлическая клемма t, служащая для подсоединения к проводу *w.* Эта клемма должна быть хорошо изолирована от металлической трубки *S.* Таким образом, если использованный цемент электропроводен, — а как правило это именно так — то пространство между пробкой *P* и горловиной лампы должно быть заполнено хорошим изоляционным материалом, таким как порошок слюды.

На Рис. 20 представлена лампа, изготовленная для экспериментальных целей. В этой лампе алюминиевая трубка имеет внешнее соединение, которое служит для исследования эффекта трубки, происходящего при различных условиях. В основном она предназначена для использования в серии экспериментов, описанных ниже.

Бомбардировка ножки, содержащей запаянный провод, происходит в результате индуктивного воздействия последнего на разреженный газ. Уменьшение этого воздействия дает ряд преимуществ, которого можно достичь, если использовать очень тонкий провод, покрытый толстым слоем изоляции, изготовленной из стекла, или другого материала, а также, если провод, проходящий через газ, будет как можно короче. Чтобы скомбинировать эти характеристики, я использовал большую трубку Т(Рис. 21), которая вдается внутрь лампы на определенное расстояние и имеет на своей верхней части очень короткую стеклянную ножку *s,* в которую запаян провод *W.* Для защиты верхней части стеклянной ножки от нагревания, я использовал маленькую алюминиевую трубку *a,* а нижнюю часть, как обычно, покрыл слоем слюды. Провод *W,* проходящий через большую трубку лампы наружу, должен быть хорошо изолирован, например, стеклянной трубкой, а пустое пространство между стенками и проводом должно быть заполнено хорошим изолятором. Среди множества изолирующих порошков, которые мне довелось опробовать, наиболее пригодным для использования является порошок слюды. Если не предпринять эти меры предосторожности, то трубка *T,* вдающаяся в лампу, непременно треснет от нагревания кистевыми электрическими разрядами, которые образуются верхней части трубки вблизи сферы с разреженным газом. Эта опасность особенно велика, если в трубке создается сильный вакуум. Поэтому разность потенциалов, необходимая для обеспечения работы лампы, очень высока.

На Рис. 22 представлено похожее расположение частей, где большая трубка T, вдается внутрь лампы, содержащей тугоплавкий электрод *m*. В данном случае провод, идущий извне внутрь лампы, отсутствует, а необходимая энергия подается через покрытия конденсатора *C C,* В этой конструкции изолирующая прокладка *P* должна плотно прилегать к стеклу и быть достаточно широкой, иначе разряд может не пойти через провод W, соединяющий внутреннее покрытие конденсатора с электродом накаливания m.

Молекулярная бомбардировка стеклянной ножки в лампе является источником больших

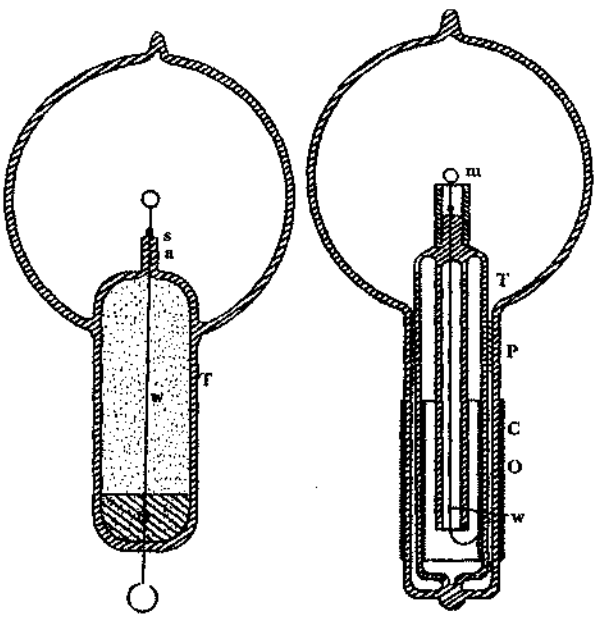


Рис. 21.

Рис. 22.

сложностей. В качестве иллюстрации, я приведу в пример явление, которое наблюдал слишком часто и без удовольствия. Для этого можно взять лампу, предпочтительно большую и некое тело с хорошей электропроводностью, такой как кусок угля. Уголь размещается на платиновой проволоке, которая впаяна в стеклянную ножку лампы. Из лампы тщательно выкачивают воздух до состояния, близкое к тому, когда начинает возникать свечение. При подключении лампы к катушке, кусок угля , если он мал, сначала может раскалиться добела, но затем его яркость сразу же уменьшится, после чего через стекло, где-нибудь в области середины ножки, может возникнуть разряд в форме ярких искр. И все это происходит несмотря на то, что между платиновой проволокой и разреженным газом имеется хороший электрический контакт через кусок угля, или металл на крышке. Первые искры исключительно ярки, и напоминают те, что вылетают с поверхности чистой ртути. Но поскольку они очень быстро нагревают стекло, то их яркость быстро уменьшается, и они исчезают совсем, когда стекло в месте разрыва раскаляется, или нагревается до такой степени, что препятствует прохождению тока. Когда я впервые наблюдал это явление, оно показалось мне очень любопытным и замечательным образом демонстрирующим, насколько сильно отличается поведение переменного тока или импульсов высокой частоты от поведения постоянного тока или тока низкой частоты. При использовании частот, получаемых механическим способом, я думаю, что повреждение стекла является в большей или меньшей степени следствием бомбардировки, которое его нагревает и тем самым ухудшает изоляционные свойства. Но я не сомневаюсь, что при использовании частот, получаемых при помощи конденсатора стекло может треснуть без предварительного нагревания. Хотя сначала это кажется исключительным явлением, на самом деле это то, чего следовало бы ожидать. Электрическая энергия, поступающая к проводу, проходящему внутри лампы, частично испускается непосредственно угольным электродом, а частично — индукцией, через стекло окружающее провод.

Поэтому данный случай аналогичен тому, в котором конденсатор, имеющий внутренне параллельное соединение при помощи проводника с низким сопротивлением, подсоединяется к источнику переменного тока. До тех пор, пока частота остается низкой, проводник отбирает на себя все что может, и конденсатор сохраняется неповрежденным. Но когда частота становится чрезмерной, роль проводника может стать совершенно незначительной. В последнем случае разность потенциалов на клемме конденсатора может стать настолько большой, что диэлектрик разрушится, даже несмотря на то, что клеммы соединены между собой проводником с низким сопротивлением.

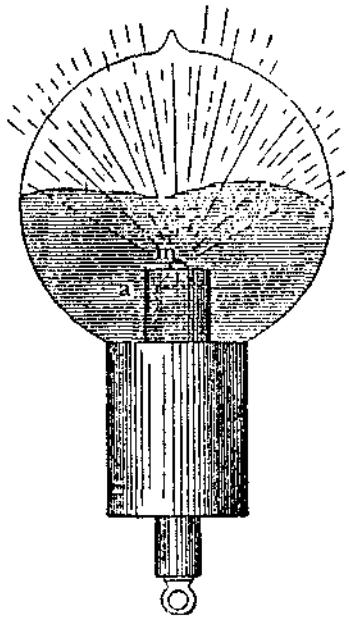


Рис. 23.

Конечно, для того, чтобы получить накал тела, помещенного в лампу, нет необходимости использовать такой ток, при котором тело становится электропроводным, и даже совершенно неэлектропроводное тело могло бы легко нагреваться. Для этой цели, достаточно окружить электропроводный электрод диэлектриком, таким как в лампе, описанной выше на рис. 21. В ней тонкая нить накаливания лампы покрыта неэлектропроводным материалом и поддерживает наверху электрод, изготовленный из такого же самого материала. Сначала бомбардировка поддерживается индуктивным воздействием через диэлектрик, и продолжается до тех пор, пока он не нагреется до такой степени, что станет электропроводным, и тогда бомбардировка продолжается обычным способом.

На Рис. 23 представлены компоновки элементов ламп различных конструкций. В данном случае диэлектрик M встроен в часть обычной легкой угольной дуги так, что он находится чуть выше последней. Угольный элемент соединен с внутренним проводом, проходящим через стеклянную ножку, которая покрыта несколькими слоями слюды. Обычно для экранирования используется алюминиевая трубка a. Она расположена таким образом, что выступает вверх почти на такую же высоту, что и угольный элемент, и только диэлектрический элемент *m* чуть-чуть возвышается над ней. Сначала происходит бомбардировка верхней части угля, поскольку нижняя часть защищена алюминиевой трубкой. Однако, как только диэлектрик *m* нагревается до такой степени, что обретает хорошую электропроводность, центром бомбардировки становится именно он.

Во время этих экспериментов я сконструировал множество таких однопроводных ламп с внутренним электродом, или без него, в которых излучающее вещество размещалось напротив или над телом, подлежащим накаливанию. На Рис. 24. показана одна из таких ламп. Она состоит из колбы *L,* снабженной длинной шейкой n, в верхней части лампы, которая служит для того, чтобы в некоторых усиливать действие лампы посредством подключения к внешнему электропроводному покрытию. В нижней части колбы *L* имеется небольшое утолщение b, которое служит для прочного крепления колбы в гнезде *S,* сделанного из изолирующего материала. Лампу закрепляется в гнезде при помощи цементирующего материала. Тонкая нить накаливания f лампы, закрепленная на проводе *W,* проходит через центр колбы *L.* Нить накаливания подвергается нагреву в средней части, там, где бомбардировка, происходящая с нижней внутренней поверхности сферы, наиболее интенсивна. Нижняя часть колбы, примерно до уровня возвышения гнезда делается токопроводящей путем нанесения на нее фольги, или иным образом, а внешний электрод подключается к клемме катушки.

Способ подключения элементов, схематически изображенный на Рис. 24, был признан не самым лучшим для того, чтобы вызвать накал у нити накаливая, или электрода, расположенного в центре сферы, однако он достаточно удобен для того, чтобы вызвать свечение объекта.

Во время проведения множества экспериментов, где тела разных типов встраивались в

лампу, как, например, на Рис.23, были сделаны интересные наблюдения.

В частности, обнаружилось, что в таких случаях, независимо от того, где начиналась бомбардировка, как только достигалась высокая температура, обычно выявлялось одно из тел, которое принимало на себя основную мощь бомбардировки, тем самым освобождая от нее другое, или другие тела. Это качество принципиально зависит от точки плавления и от легкости, с которой тело "испаряется" или, говоря вообще, расщепляется. Значение последнего термина заключается не только в испускании атомов, но и более крупных частей тела. Результаты этого научного наблюдение соответствовали общепринятым представлениям. В лампе с сильным разрежением газа, электричество уносится с электрода независимыми носителями: частично атомами или молекулам оставшегося в сосуде воздуха, и частично атомами и молекулами электрода. Если электрод сделан из тел с различными характеристиками и одно из них расщепляется легче, чем остальные, то большая часть потребляемого электричества улетучивается именно через тело, которое быстрее остальных достигает высокой температуры. Более того, при увеличении температуры это тело по-прежнему будет легче расщепляться, чем остальные.

Мне представляется весьма вероятным, что похожие процессы могут иметь место в лампе даже с однородным электродом, и они являются главной причиной расщепления тел. Они имеют некоторое отношение к неровностям поверхности, даже если поверхность электрода подвергнута самой тщательной полировке. Разумеется, такой операции невозможно подвергнуть большинство тел из тугоплавкого материала, используемых в качестве электродов. Допустим, что какая либо точка электрода горячее, чем другие. Тогда немедленно большинство разрядов начинает проходить через эту точку, и через несколько минут этот участок тела плавится и испаряется.

Теперь уже стало возможным, чтобы вследствие интенсивного расщепления тело поглощало бы температуру, либо вырабатывало противодействующую силу, так, как это происходит в дуге. В любом случае, локальный отрыв как недостаток, наряду с другими ограничениями, находится в допустимых пределах погрешностей, присущих данному эксперименту. Если отрыв все же происходит, то через некоторое время весь процесс возникает в другом месте. Невооруженному глазу электрод кажется одинаково гладким и блестящим, но вокруг него имеются точки в которых температура значительно выше той, что на его поверхности. Эти точки находятся в постоянном движении и сильно ускоряют процесс износа электрода. То, что подобное происходит, по крайней мере, тогда, когда электрод находится в условиях низкой температуры, можно подтвердить следующим экспериментом. В лампе создается очень сильный вакуум, такой, что при достаточно большой разности потенциалов разряд не происходит — по крайней мере, его не видно, так как, по всей вероятности, слабый невидимый разряд возникает постоянно. Теперь медленно и осторожно увеличиваем разность потенциалов, пустив первичный ток, но не более чем на мгновение. В определенной момент времени на сфере появятся одна, две или полдюжины светящихся точек. Очевидно, что эти места подверглись более интенсивной бомбардировке, чем остальные. Это является следствием неравномерно распределенной электрической плотности, вызванной неоднородностью формы или, говоря вообще, неровной поверхностью электрода. Но светящиеся места постоянно меняют свое положение, и это хорошо заметно если на поверхности лампы их очень мало. Это указывает на то, что структура электрода быстро изменяется.

Из опытов этого типа я сделал вывод, что для того, чтобы быть более прочной, тугоплавкий электрод в лампе должен иметь форму сферы и очень хорошо отполированную поверхность. Такую маленькую сферу можно изготовить из алмаза, или из некоторых других видов кристаллов, но лучше всего в условиях чрезвычайно высоких температур, которые можно достичь с помощью некоторых оксидов — таких как, например, оксид циркония — изготовить маленькую каплю, а затем поместить ее внутрь лампы при температуре, чуть ниже ее точки плавления. Несомненно, что при проведении исследований в направлении сверхвысоких температур могут быть получены очень полезные результаты. Но как можно достичь столь высокой температуры нагрева? Как в природе происходит сильное нагревание? Под

воздействием звезд, при помощи высоких скоростей и в результате столкновений. При столкновении может быть достигнута любая степень нагревания. В химическом процессе мы ограничены. Когда кислород и водород соединяются, то они, образно говоря, падают с определенной высоты. Мы не можем подойти близко к взрыву, как и не можем удержать тепло в печи, но в разреженной лампе на маленьком участке мы можем сконцентрировать любое количество энергии. Таким образом, если опустить вопросы, связанные с возможностью практического достижения этих целей, то по-моему, это должно быть средство, при помощи которого мы могли бы добиться высокой температуры. Но, на практике мы сталкиваемся с большой проблемой, которая заключается в том, что в большинстве случаев вещество разрушается быстрее, чем оно может расплавиться и принять форму капли. Это особенно типично для оксидов, таких как оксид циркония, из которого невозможно сделать твердый кусок так, чтобы он быстро не разрушался. Я многократно пытался расплавить цирконий, помещая его в чашу или в углеродную дуговую лампу так, как это показано на рис. 23. Он светился с большой интенсивностью, а поток частиц, выбрасываемых им из углеродной чаши, имел ярко-белый цвет, но вне зависимости от того, был ли он в форме твердого кусочка, или в виде пасты с углем, он разрушался раньше, чем успевал расплавлялся. Я вынужден был поместить углеродную чашу с цирконием очень низко в шейку большой лампы, поскольку нагревание лампы от вылетающих частичек оксида было настолько быстрым, что при первом испытании лампа треснула практически через мгновение после того, как включили ток. Обнаружилось, что при нагревании стекла вылетающими частицами, нагрев происходит намного быстрее, если в угольную чашу поместить быстро разрушающееся вещество. Я предполагаю, что в этих случаях, при том же самом напряжении, достигается более высокая скорость частиц, и поэтому, в единицу времени испускается большее количество вещества, следовательно, больше частиц воздействует на стекло.

Однако вышеупомянутая проблема отсутствует, если тело, помещенное в углеродную чашку, обладает большой устойчивостью к разрушению. Например, если оксид сначала расплавить в пламени кислорода, а затем поместить его в лампу, он легко плавится и превращается в каплю.

Вообще, во время процесса плавления, были отмечены великолепные световые эффекты, которым трудно дать исчерпывающее толкование и объяснение.

Чем выше частота, тем больше отклонение от постоянного тока — худшее, что может быть для нити накаливания. Но если продемонстрирована истинность этого замечания, то неверно было бы полагать, что тугоплавкий электрод, который использовался в лампах, под действием тока очень высокой частоты должна разрушаться быстрее, чем под действием низкочастотного постоянного тока. По своему опыту я могу сказать, что все происходит совсем наоборот: электрод лучше противостоит бомбардировке под действием тока очень высокой частоты. Но это происходит потому, что высокочастотный разряд проходит через разреженный газ намного легче, чем разряд постоянный или низкочастотный. Это позволяет сделать вывод, что с разрядом постоянного тока мы можем работать при более низкой разности потенциалов, либо при менее сильном воздействии. Таким образом, до тех пор, пока газ не начинает оказывать влияние, постоянный или низкочастотный ток предпочтительнее, но как только действие газа усиливается, предпочтение отдается току высокой частоты.

В ходе этих экспериментов было проведено большое количество испытаний со всеми типами угольных электродов. Электроды сделанные из обычного углерода, несомненно, оказались более долговечными, чем электроды, сделанные с применением высокого давления. Электроды, которые изготовлялись хорошо известными способами осаждения угля, зарекомендовали себя не лучшим образом — от их использования сфера быстро покрывалась черным налетом. Основываясь на результатах многочисленных опытов, я сделал вывод, что нити ламп накаливания, полученные таким способом можно с успехом использовать только при низкой разности потенциалов и низкочастотном токе. Некоторые виды угля настолько сильно противостоят воздействию тока, что для того, чтобы довести их до раскаленного состояния,

необходимо использовать очень маленькие по размеру электроды. В этом случае осуществление наблюдений сопряжено с большими трудностями, вызванными мощным тепловым излучением. Тем не менее, не вызывает сомнения тот факт, что вес типы углерода плавятся под воздействием молекулярной бомбардировки, а их жидкое состояние чрезвычайно нестабильно. Из всех типов испытанных веществ были выделены два, наиболее устойчивых — алмаз и карборунд. Эти два вещества имеют примерно одинаковые свойства, но последний предпочтительнее по многим причинам. Поскольку это вещество еще мало изучено, то я позволю себе привлечь к нему Ваше внимание и остановиться на нем более подробно.

Оно было получено недавно Е.Г. Ачесоном из города Мононгахела, США. Он намеревался заменить им обычный алмазный порошок в шлифовальных кругах и т.д. и насколько мне известно, его старания увенчались успехом. Я не знаю, почему этому материалу присвоили такое название "карборунд". Не исключаю, что такой выбор обосновали некоторые детали его промышленного получения. Благодаря любезности изобретателя, некоторое время назад я получил несколько образцов этого материала, которые я намеревался испытать на предмет качества свечения и способности противостоять воздействию высокой температуры.

Карборунд можно получить в двух формах — в форме кристалла и порошка. Невооруженному глазу кристаллы кажутся темным, но очень ярким; порошок по цвету очень близок к цвету обычного алмазного порошка, только намного более красив. При рассмотрении образцов кристаллов под микроскопом, мне показалось, что они не имеют определенной формы и больше напоминают частицы молотого каменного угля высокого качества. Большая их часть была непрозрачна, но встречались также прозрачные и даже цветные. Эти кристаллы представляют собой разновидность углерода, содержащего некоторое количество примесей, они необычайно твердые и устойчивы к разрушению в течение длительного времени даже в кислородном пламени. При воздействии на них пламенем кислородной горелки, они сначала спекаются в плотную массу, возможно, вследствие расплавления содержащихся в них примесей. Эта масса очень устойчива к действию пламени, и не плавится в течение длительного времени, но в конце концов после того, как возникнет медленное горение, или пламя, образуется стеклоподобный осадок. Я предполагаю, что это расплавленный оксид алюминия. В сильно спрессованном состоянии это вещество хорошо проводит электрический ток, но не так хорошо как обычный углерод. Порошок, каким-то образом полученный из кристаллов практически не проводит электрический ток. Он является великолепным материалом для шлифовки камней.

У меня было мало времени, чтобы сделать удовлетворительный анализ свойств этого вещества, но поэкспериментировав с ним несколько недель, я могу сказать, что оно обладает многими замечательными свойствами.

Он обладает исключительно высокой устойчивостью к высоким температурам, слабо разрушается при молекулярной бомбардировке и не загрязняет стеклянную сферу как обычный углерод. Есть только одна проблема, которую я обнаружил в ходе этих экспериментов — это проблема найти связывающие материалы, которые были бы столь же устойчивыми к воздействию тепла и бомбардировки, как и сам карборунд.

Здесь у меня есть несколько ламп, которые я оснастил электродами из карборунда. Чтобы изготовить такой электрод из кристалла карборунда, я поступил следующим образом. Я взял обычную нить накаливания и окунул ее в смолу, или другое плотное вещество, например, краску, которое может легко обугливаться. Затем я пропустил нить накаливания через кристаллы, и стал держать ее вертикально над горячей пластиной. Смола размягчилась и образовала каплю на конце нити накаливания, а кристаллы приклеились к поверхности капли. Регулируя расстояние от горячей пластины до смолы, я медленно высушил ее и электрод стал твердым. Затем я еще раз погрузил электрод в смолу и держал его над горячей пластиной до тех пор, пока смола не испарилась, оставив только твердую массу, которая прочно скрепила кристаллы. Если требовалось получить большой электрод, я повторял процесс несколько раз и обычно покрывал нить накаливания смолой на некоторое расстояние ниже капли с кристаллами.

Затем электрод устанавливался в лампе. После того как в лампе создавался сильным вакуум, я пропускал через нее сначала слабый, а затем сильный разряд для того, чтобы смола обгорела, и все газы были вытеснены. И только после этого я включал лампу на полную мощность.

При использовании порошка, наилучшим способом, который я смог найти, является следующий: Я сделал густую пасту из карборунда и смолы и пропустил через нее нить накаливания. Затем натер нить накаливания кусочком замши с нанесенной на нее пастой, после чего держал ее над горячей пластиной до тех пор, пока смола не испарилась, и покрытие не стало прочным. Я повторял этот процесс много раз, для того, чтобы получить необходимую толщину покрытия. На конце нити накаливания, уже покрытой смолой с порошком я таким же образом сформировал электрод.

Нет никаких сомнений в том, что такой электрод из карборунда, полученный при высоком давлении, особенно если он сделан из порошка наилучшего качества, будет устойчив к действию молекулярной бомбардировки, как никакое другое известное вещество. Проблема только в том, что связующий материал разрушается, и карборунд с течением времени постепенно осыпается. Поскольку он меньше всего загрязняет стеклянный шар, то он может оказаться полезным для покрытия нити накаливания в обычной лампе, и я даже думаю, что вполне можно сделать тонкие нити или стержни из карборунда, которые заменили бы обычные нити накаливания в лампах. Покрытие из карборунда оказалось более долговечным, чем другие, не только потому, что карборунд устойчив к действию высоких температур, но и потому, он лучше соединяется с углеродом, нежели другие испытанные мною вещества. Например, покрытие из циркония, или любого другого оксида разрушается намного быстрее. Я изготовил электрод из алмазной пыли таким же способом, как и из карборунда, но связующая паста разрушалась намного быстрее на алмазных электродах. Однако я отнес эти недостатки на счет неровностей алмазных частичек.

Было интересно найти ответ на вопрос, обладает ли карборунд способностью к свечению. Я был готов встретиться с двумя трудностями. Во-первых, как твердое вещество, в кристаллической форме он является хорошим проводником, а известно, что проводники не способны светиться. Во-вторых, его порошок очень мелкий, и не подходит для того, чтобы ярко продемонстрировать это качество, так как мы знаем, что когда кристаллы, даже такие как алмаз или рубин, находятся в виде мелкого порошка, их способность светиться существенно уменьшается.

Отсюда возникает вопрос, может ли светиться проводник? Что лишает такой материал как, например, металл, возможности светиться, если это свойство характеризует его как проводник? Общеизвестно, что большинство светящихся тел теряют это свойство, когда их нагревают до такой температуры, что они становятся в той, или иной степени электропроводными.

Таким образом, если металл будет в большой мере, а возможно и полностью лишен этой способности, он должен получить способность светиться. Следовательно, возможно, что при очень высокой частоте, когда он ведет себя как непроводник, металл или другой проводник может проявить способность к фосфоресценции, даже если он совершенно не способен светиться под действием низкочастотного разряда. Однако, возможен и другой способ вызвать свечение проводника.

До сих пор еще имеется много неясностей в отношении того, что же в реальности представляет собой фосфоресценция, и не называют ли этим термином разные явления, возникающие вследствие одних и тех же причин. Представьте себе, что в разреженной лампе под действием молекул поверхность куска металла или другого проводника начинает светиться ярким светом, но при этом обнаруживается, что он остается сравнительно холодным. Можно ли этот яркий свет назвать фосфоресценцией? Такой результат, по крайней мере, теоретически, возможен, это не более чем вопрос разности потенциалов или скорости. Предположим, что разность потенциалов на электроде, и, следовательно, скорость выбрасываемых атомов достаточно высоки. Тогда, поверхность куска металла, бомбардируемого атомами, должна сильно накаляется, поскольку процесс выработки тепла происходит несоизмеримо быстрее, чем

излучение и отток тепла от поверхности. Глазу наблюдателя может показаться, что единичное столкновение атомов сопровождается мгновенной вспышкой, но если вспышки повторяются с достаточно высокой частотой, то они производят непрерывное воздействие на сетчатку глаза. При этом наблюдателю будет казаться, что поверхность металла имеет постоянный накал и светится с постоянной интенсивностью, тогда как в реальности, такой свет является прерывистым или, по крайней мере, периодически меняет свою интенсивность. Температура куска металла будет повышаться до тех пор, пока не установится состояние равновесия, т.е. до тех пор, пока непрерывно излучаемая энергия не будет равна поглощаемой. Однако в таких условиях вполне может сложиться ситуация, когда подаваемой энергии может оказаться недостаточно для того, чтобы повысить температуру тела свыше среднего значения, особенно тогда, когда частота атомных столкновений очень низкая — но достаточная для того, чтобы человеческий глаз не различал колебания интенсивности света. Тогда тело благодаря способу, которым оно получает энергию, должно излучать сильный свет, а температура тела должна быть ниже среднего значения. Как наблюдатель назовет полученный таким способом свет? Даже если анализ света покажет нечто определенное, он, вероятно, отнесет это к явлению фосфоресценции. Возможно, что таким образом и электропроводные, и неэлектропроводные тела могут поддерживаться в состоянии определенной интенсивности свечения, но энергия, необходимая для этого, очень сильно варьируется, в зависимости от природы и свойств тел. Эти и некоторые другие вышеупомянутые замечания умозрительного характера были сделаны просто для того, чтобы обозначить любопытные особенности переменного тока или электрических импульсов. С их помощью мы можем сделать так, чтобы при определенной средней температуре тело излучало бы больше света, чем оно могло бы излучить при той же температуре под действием постоянного тока. А также, мы можем довести тело до точки плавления, и чтобы при этом оно излучало меньше света, чем оно выделяет при температуре плавлении, достигнутой обычными способами. Все это зависит от того, как образом мы подаем энергию, и какой вид колебаний мы используем. В одном случае колебания больше, в другом — меньше, в зависимости от их восприятия нашими органами зрения.

Некоторые эффекты, полученные при первых же испытаниях с карборундом, и которые я до этого не наблюдал, я квалифицировал как фосфоресценцию, но из последующих экспериментов стало ясно, что это вещество не обладает данным качеством. Кристаллы карборунда обладают свойством, заслуживающим особого внимания. Например, в лампе с одним электродом в виде маленького круглого металлического диска, при определенной степени разрежения электрод покрывается пленкой молочно-белого цвета, которая отделена темным пространством от света, заполняющего лампу. Когда металлический диск покрыт кристаллами карборунда, пленка становится более интенсивной, а цвет ее становится снежно белым. Это, как я позже установил, является простым эффектом блестящей поверхности кристаллов, поскольку хорошо отполированный алюминиевый электрод создает более или менее похожий эффект. Я провел множество экспериментов с образцами полученных мною кристаллов, именно потому, что они вызывали особый интерес. Этот интерес заключался в изучении их способностей к фосфоресценции с учетом того, что они обладают свойствами проводника.

Мне не удалось получить отчетливое свечение, но следует заметить, что решающее мнение можно будет сформировать только тогда, когда будут проведены другие эксперименты в этой области.

В некоторых экспериментах поведение порошка было таким, как если бы он содержал оксид алюминия, но при этом он не становился сколь либо отчетливого красного цвета, столь присущего последнему. Сияние его тусклого цвета возникает в значительной степени под воздействием молекулярной бомбардировки, и сейчас я абсолютно уверен, что он не обладает способностью к фосфоресценции. Поскольку результаты испытаний порошка еще не окончательны, так как, возможно, порошок карборунда не ведет себя подобно фосфоресцирующим сульфидам, которые могут находиться в состоянии очень мелкой пыли и при этом не потерять способности к свечению. Он ведет себя подобно порошку алмазов, или рубинов. Поэтому, для того, чтобы провести решающий тест, необходимо поместить его в

большую лампу и отполировать его поверхность.

Если карборунд докажет свою полезность в связи с этим и подобными экспериментами, то его главная ценность будет использована при изготовлении покрытий, тонких проводников, кнопочных или других электродов, хорошо противостоящих очень сильному нагреванию.

Получение небольшого электрода, выдерживающего высокие температуры, я считаю задачей величайшей важности в деле производства света. Это позволит нам с помощью токов очень высокой частоты, получать более чем в 20 раз большее количество света, нежели то, что сейчас от обычных ламп накаливания, при том же расходе энергии. Эта оценка может показаться излишне преувеличенной, но я думаю, что она близка к реальности. Поскольку это утверждение может быть неправильно понято, я думаю, что необходимо яснее осветить проблему, с которой мы столкнулись на этом направлении работ, и способ, которым, по моему мнению, ее можно разрешить.

Любой, кто начинает изучать эту проблему, полагает, что для этого нужна лампа с электродом, имеющим очень высокую степень накаливания. И это будет его ошибкой. Сильный накал электрода является необходимым злом, а вот что действительно необходимо, так это сильный накал газа, окружающего электрод. Другими словами, проблема заключена в поиске лампы, способной довести газовую массу до наивысшей степени накала. Чем больше накаливание, тем быстрее основные колебания, тем больше экономичность получения света. Однако для того, чтобы поддерживать газовую массу в стеклянном сосуде в состоянии наивысшей степени накала в стеклянном сосуде, необходимо оградить газовую массу от соприкосновения со стеклом, то есть удерживать газ как можно ближе к центру сферы.

В одном из сегодняшних экспериментов образовался кистевой электрический разряд на конце провода. Этот кистевой разряд представлял собой пламя, и являлся источником тепла и света. Он не излучал ни сколь-нибудь ощутимого тепла, ни интенсивного свечения. Но разве оттого, что оно не обжигает мою руку, оно в меньшей степени является пламенем? Разве оно меньше является пламенем, если не причиняет боль моим глазам своим ярким светом?

Проблемой является получение в лампе такого пламени, которое было бы значительно меньшего по размеру, но несравнимо более мощным. Если бы в нашем распоряжении имелись средства для выработки электрических импульсов существенно более высокой частоты, и средства для их передачи, то от лампы можно было бы избавиться совсем, если конечно она не использовалась для защиты электрода, или для экономии энергии, ограничивая собой распространение тепла. Но поскольку в нашем распоряжении нет таких средств, то мы вынуждены помещать электрод в лампу и разрежать в ней воздух. Это сделано только для того, чтобы обеспечить работу прибора, которая невозможна при обычном давлении воздуха. В лампе мы можем усилить действие до любой степени — вплоть до того, чтобы кистевой разряд излучал яркий свет.

Интенсивность излучаемого света зависит от частоты и разности потенциалов импульсов, а также от электрической плотности на поверхности электрода. Очень важно использовать как можно меньший по размеру электрод, это необходимо для увеличения плотности. Когда вокруг маленького электрода происходят интенсивные столкновения молекул, то он раскаляется до очень высокой температуры, но вокруг него находится масса сильно раскаленного газа, или фотосфера пламени, которая в сотни раз превышает объем электрода.

Если в лампе использован электрод с алмазом, карборундом или цирконием, то фотосфера может превосходить объем электрода более чем в тысячу раз. Если особо не вдумываться, то может показаться, что при таком сильном накаливании электрод сразу испарится, но при детальном рассмотрении оказывается, что теоретически этого быть не должно, и результаты экспериментов это подтверждают. Именно этот факт определяет главную ценность такого типа ламп в дальнейшем.

Вначале, когда бомбардировка только начинается, основная работа происходит на поверхности электрода, но когда образуется сильно электропроводная фотосфера, нагрузка на электрод уменьшается. Чем больше раскалена фотосфера, тем сильнее ее электропроводность

приближается к электропроводности электрода. Таким образом твердое тело и газ формируют единое электропроводное тело. Следствием этого является то, что при дальнейшем усилении накаливания, больше нагрузки приходится на газ и меньше на электрод. Образование мощной фотосферы оказывается главным фактором, обеспечивающим защиту электрода. Конечно, эта защита относительна, и не следует полагать, что при усиление накаливания уменьшается разрушение электрода. Тем не менее, теоретически, этот результат должен получаться при чрезвычайно высоких частотах, при температуре, намного превышающую точку плавления большинства из известных тугоплавких материалов. Поэтому электрод, способный противостоять очень мощной бомбардировке и другим внешним воздействиям, останется неповрежденным вне зависимости от того, как долго он подвергался такому, но более слабому воздействию. Применительно к лампе накаливания имеются совершенно иные соображения. Там газ ни с чем не связан: вся работа совершается на нити накаливания и время существования лампы ограничено только скоростью, с которой увеличивается степень накаливания. Именно экономические причины заставляют нас эксплуатировать ее при слабом накаливании. Но если лампа накаливания работает от тока очень высокой частоты, то действием газа пренебречь уже нельзя и правила экономной работы должны быть в значительной степени изменены. Для того, чтобы работа лампы с одним, или двумя электродами была близка к идеальной, необходимо задействовать импульсы очень высокой частоты. Помимо всего прочего, высокая частота предоставляет два важных преимущества, которые играют самую важную роль в экономических расчетах производства света. Во-первых, разрушение электрода уменьшается из-за того, что мы используем множество слабых воздействий, вместо нескольких сильных, которые быстро разрушают структуру электрода. Во-вторых, она способствует образованию большой фотосферы.

Для того, чтобы свести к минимуму разрушение электрода, желательно, чтобы колебания были гармоничными, так как любые рывки ускоряют процесс разрушения. Электрод проработает дольше, если накаливание создается током или импульсами, получаемыми от высокочастотного генератора переменного. Колебания такого тока происходят более плавно, нежели импульсы, получаемые от катушки пробойного разряда. В последнем случае нет сомнений, что большинство повреждений происходят из-за сильных внезапных разрядов. Одной из причин потерь энергии в такой лампе является бомбардировка сферы. Когда разность потенциалов очень высока, молекулы испускаются с большой скоростью, они ударяются о стекло и обычно вызывают сильное свечение. Получается очень красивый эффект, но по экономическим соображениям его следует избегать или сводить к минимуму. В данном случае, бомбардировка сферы, как правило, не вызывает фосфоресценцию, и потери энергии от бомбардировки снижаются. Эти потери энергии в лампе очень сильно зависят от разности потенциалов импульсов и от электрической плотности на поверхности электрода. При использовании тока очень высокой частоты, потери энергии в результате бомбардировки существенно уменьшаются. Во-первых, потому, что для получения такого же количества работы требуется меньшая разность потенциалов. Во-вторых, потому, что вокруг электрода создается высоко электропроводная фотосфера. То же самое получилось бы, если электрод был бы намного больше, что равнозначно меньшей электрической плотности.

Но уменьшая разность потенциалов, или плотность разряда, мы получаем определенную выгоду, а именно: избегаем сильных возмущений, которые настолько сильно воздействуют на стекло, что это порой превосходит пределы его эластичности. Если частота будет достаточно высока, то потери энергии вследствие недостаточной эластичности стекла будут совершенно незначительны. Потери энергии, вызванные бомбардировкой сферы, можно уменьшить, если использовать два электрода вместо одного. В этом случае каждый из электродов может быть подсоединен к одной из клемм, либо, если предпочтение отдается использованию только одного провода, то один электрод может быть подсоединен к клемме, а другой заземлен, или подсоединен к изолированному телу с определенной площадью поверхности, например, к затенителю лампы. В последнем случае, если не применить некоторые дополнительные настройки, то один из электродов может светиться более интенсивно, чем другой.

Но в целом, мне представляется предпочтительным, при задействовании тока столь высокой частоты, использовать только один электрод и один токопроводящий провод. Я убежден, что для работы осветительных приборов ближайшего будущего не потребуется больше одного подводящего провода, и в любом случае, они не будут иметь внутренних проводов, поскольку необходимую энергию можно будет с успехом подавать через стекло. В экспериментальных лампах внутренний провод в большинстве случаев используется из соображений удобства, так как при применении конденсаторного покрытия (как, например, способом, показанным на рис. 22) возникают некоторые трудности при соединении частей, но этих трудностей не должно возникать, при промышленном производстве большого количества ламп. В противном случае энергия может передаваться через стекло, а также через провод, а при таких высоких частотах потери энергии очень малы. Такие осветительные приборы будут неизбежно требовать для своей работы очень высокой разности потенциалов, что в глазах практиков может иметь спорное будущее. На самом же деле, высокая разность потенциалов не вызывает возражений — по крайней мере если обеспечена надежная безопасность таких устройств.

Есть два пути достижения безопасности электрических приборов. Один — это использовать низкую разность потенциалов, другой — создать аппаратуру с такими параметрами, чтобы ее безопасность не зависела от используемого напряжения. Из двух путей, последний мне кажется лучшим потому, что в этом случае обеспечивается абсолютная безопасность, не зависящая от каких-либо стечений обстоятельств, когда использование даже низкого напряжения могло бы представлять опасность для жизни, или для имущества. Но практические условия требуют не только определения разумных размеров аппаратуры, они также требуют применения определенного типа энергии. Например, легко создать трансформатор, который бы работал от обычного генератора переменного тока низкого напряжения, и который мог бы вырабатывать напряжение, необходимое для работы фосфоресцирующей трубки с сильным вакуумом. При этом, несмотря на столь высокое напряжение, эта трубка абсолютно безопасна, поскольку электрический удар от нее не причинит никакого вреда. Однако такой трансформатор будет довольно дорогим, и по своей сути неэффективным. Более того, электрическая энергия, полученная от него, не может быть экономично использована для освещения. Экономика требует использования энергии в виде очень быстрых колебаний. Проблема получения света подобна проблеме воспроизведения колоколом звука высоких тонов, можно сказать даже звука, находящегося на грани восприятия человеком. Даже эти слова недостаточно экспрессивны, чтобы выразить, насколько удивительна чувствительность человеческого глаза. Мы можем выдавать мощные удары через длительные интервалы времени, затрачивая на это много энергии, и не получая при этом того, что хотим. Либо, мы можем воспроизвести и держать ноту путем частых мягких ударов, что уже будет ближе к искомому уровню затратам энергии. В получении света может быть только одно правило, в рамках рассмотренных здесь осветительных приборов — использовать ток самой высокой частоты, которую только можно получить, однако, возможности для получения и передачи импульсов такого типа, по крайней мере сейчас, сильно ограниченны. Как только мы решим использовать ток очень высокой частоты, обратный провод станет ненужным, и конструкции всех устройств упростятся. Используя очевидные возможности, мы получим такой же результат, как и при применении возвратного провода. Для этого достаточно подсоединить к лампе, или расположить в непосредственной близости от нее изолированное тело с определенной площадью поверхности. Конечно, поверхность должна быть тем меньше, чем больше используемая частота и разность потенциалов. Кроме того, это необходимо для увеличения экономичности лампы или другого устройства.

Этот план работы устройств сегодня был применен в нескольких случаях. Так, например, накаливание электрода происходило в результате обхвата лампы рукой, то при этом тело экспериментатора служило для усиления интенсивности действия. Использованная лампа была похожа на ту, что представлена на Рис. 19. Возбуждение катушки проводилось до небольшой разности потенциалов, не достаточной для того, чтобы довести электрод до раскаленного

состояния, когда лампа висела на проводе, и недостаточной для того, чтобы выполнить эксперимент более подходящим способом. Электрод был сделан таким большим, чтобы прошло немало времени, прежде чем он раскалился в удерживаемой лампе. Конечно, контакт с лампой был совершенно необязателен. Используя довольно большую лампу с чрезвычайно маленьким электродом легко произвести регулировки таким образом, чтобы накал в лампе образовывался при простом приближении к ней экспериментатора на расстояние в несколько футов, и

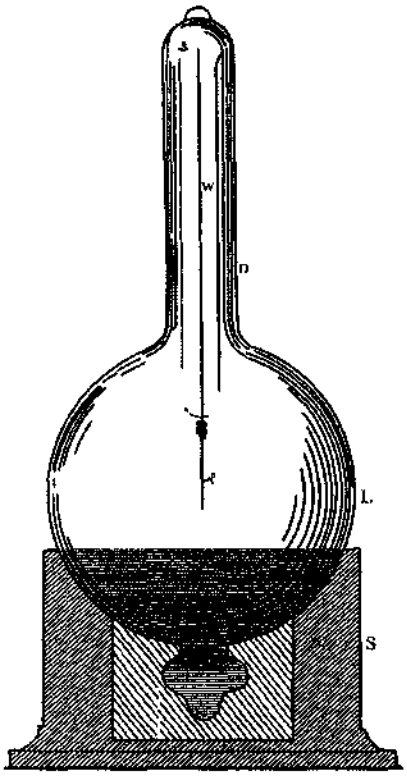


Рис. 24.

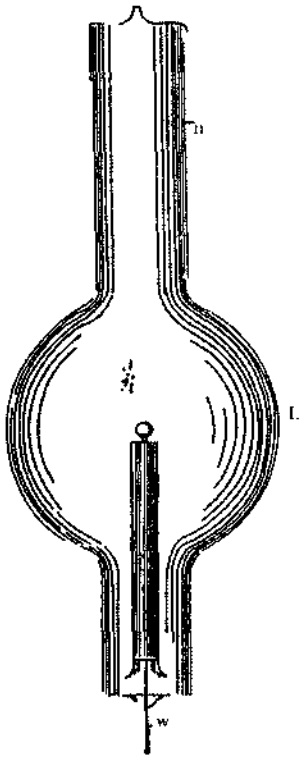


Рис. 25.

ослабевал при его удалении.

В другом эксперименте, когда возбуждалось свечение, была использована похожая лампа. Здесь вновь изначально разность потенциалов была недостаточной для того, чтобы возбудить фосфоресценцию, до тех пор, пока действие не было усилено. Однако в этом случае, для того чтобы продемонстрировать другое свойство, я дотрагиваюсь до цоколя лампы металлическим предметом, который держу в руке. Электрод в лампе представлял собой угольный электрод, настолько большую, что она не могла накалиться и тем самым испортить эффект, производимый свечением.

И вновь, как в одном из ранних экспериментов, была использована лампа, такая же, как изображенная на Рис.12. В данном случае, при касании лампы одним или двумя пальцами, на внутренней стороне стекла проецировались одна или две тени. Прикосновение пальцем вызывало такой же эффект, как и применение внешнего отрицательно заряженного электрода в обычных условиях.

Во всех этих экспериментах усиление действия достигалось увеличением емкости на конце подводящего провода, присоединенного к клемме. Как правило, прибегать к таким средствам, не обязательно, можно даже обойтись и без такой высокой частоты тока, но если они имеются, то можно легче адаптировать лампу или трубку для подобных целей.

Например, на Рис. 24 изображена экспериментальная лампа, в верхней части которой имеется шейка n. На внешнюю часть шейки наносится покрытие из фольги, которую можно подключить к телу с большой поверхностью. Лампа, изображенная на Рис. 25, также может

светиться, если покрытие из фольги на шейке n подключить к клемме, а внутренний провод *W* — к изолирующей пластине. Если лампа установлена в гнезде, поддерживающем ее в вертикальном положении так, как это изображено на рисунке в поперечном сечении, то мощность лампы можно увеличить, если в шейку *n* поместить небольшое количество электропроводного материала.

На Рис.26 представлена более совершенная компоновка элементов, использованная в конструкциях некоторых из этих ламп. Такая конструкция ламп показана и описана ранее, когда делались ссылки на Рис.19. Цинковый лист *Z* с трубкой *T* надет на металлическое гнездо *S.* Лампа подвешена на клемме t. Цинковый лист *Z* выполняет двойную функцию: усилителя и отражателя. Отражатель отделен от клеммы *t* насадкой изолирующей пробки *P.*

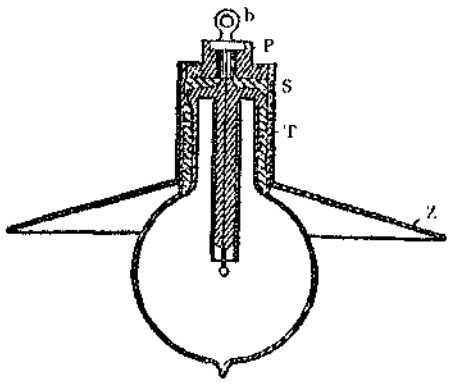


Рис. 26.

На Рис. 27 представлено похожее расположение компонентов со светящейся трубкой. Трубка *T* сделана из двух коротких трубок разного диаметра с запаянными краями. На нижний край нанесено внешнее электропроводное покрытие С, к которому подсоединяется провод *W.* На конце провода имеется крюк, за который он подвешивается в вертикальном положении. Сам провод проходит через внутреннюю центральную часть трубки, которая заполнена плотно утрамбованным изолирующим материалом. На внешней стороне верхнего края трубки Т нанесено другое электропроводное покрытие *Cj,* на которое надет металлический отражатель *Z,* Отражатель должен быть отделен от конца провода *W* толстым слоем изолятора.

Для того, чтобы использовать такой отражатель, или усилитель в экономичном режиме требуется, чтобы энергия, поступающая на воздушный конденсатор, была восполнимой, или, другими словами, она не должна теряться, ни в газовой среде, ни где бы-то ни было еще. Это еще далеко от реальности, но, к счастью, подобным образом все же удается несколько снизить потери энергии.

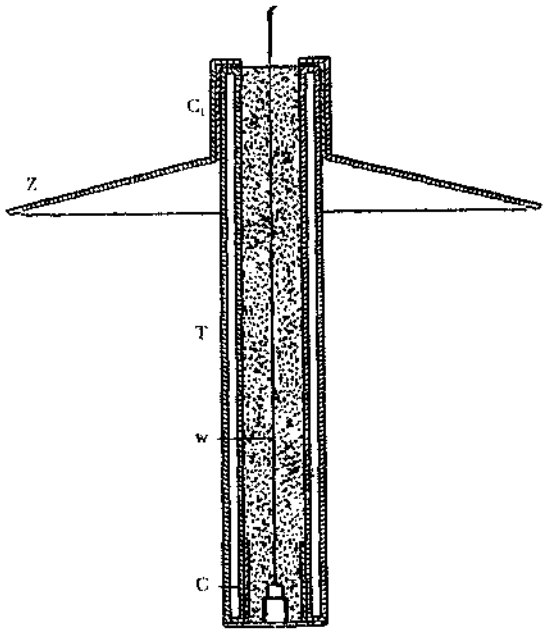


Рис. 27.

На этот предмет необходимо сделать несколько замечаний, с тем, чтобы пояснить результаты исследований, полученных в ходе экспериментов.

Представьте себе маленький соленоид, содержащий большое количество витков хорошо изолированного провода, такого как в эксперименте на рис. 17. Один из концов провода подсоединен к клемме индукционной катушки, а другой к металлической пластине, или, для простоты, к сфере, изолированной в пространстве. Когда катушка начинает работать, то потенциал сферы изменяется, что приводит к тому, что маленький соленоид ведет себя так, как если бы его свободный конец был подсоединен к другой клемме индукционной катушки. Если внутрь соленоида поместить железный стержень, то он быстро нагреется до высокой

температуры, что показывает прохождение сильного тока через соленоид. Как в этом случае ведет себя изолированная сфера? Она может играть роль конденсатора, сохраняющего и возвращающего направляемую к ней энергию, либо она может быть просто стоком энергии. И только условия эксперимента определяют, чем же она является в большей степени: конденсатором, или стоком. Если потенциал заряда сферы высок, то она индуктивно воздействует на воздух, или любую другую, окружающую ее газовую среду. Разумеется, молекулы, или атомы находящиеся вблизи сферы, притягиваются сильнее, и движутся на большее расстояние, чем те, которые находятся дальше. Когда ближайшие молекулы сталкиваются со сферой, они тут же отталкиваются назад, и столкновения происходят по всей области индуктивного действия сферы. Теперь нам известно, что если при постоянном потенциале происходит небольшая потеря энергии, то ближайшие к сфере молекулы, которые обладают дополнительным зарядом, полученным ими в результате столкновения со сферой, больше не притягиваются до тех пор, пока они на потеряют весь, или хотя бы большую часть своего дополнительного заряда, что происходит только в результате большого количества столкновений. Это умозаключение можно сделать основываясь на том факте, что при постоянном потенциале в сухом воздухе происходит, пусть и небольшая, но все же потеря энергии. Когда потенциал сферы вместо постоянного становится переменным, то условия меняются кардинальным образом. В этом случае ритмичная бомбардировка происходит вне зависимости от того, контактируют ли потом молекулы со сферой, уменьшая при этом сообщаемый заряд, или нет. Более того, если заряд не уменьшается, сила столкновений только увеличивается. Однако, если частота импульсов очень мала, потери, вызванные столкновениями, будут незначительными, и это будет продолжаться до тех пор, пока величина на станет чрезмерной. Но когда используются сверхвысокая частота и более или менее высокая разность потенциалов, потери могут быть очень большими. Общие потери энергии в единицу времени пропорциональны произведению числа столкновений в секунду, или частоте, и потере энергии в каждом столкновении. Но энергия столкновения должна быть пропорциональна квадрату электрической плотности сферы, так как заряд, сообщаемый молекуле, пропорционален его плотности. Из этого я сделал вывод, что общие потери энергии должны быть пропорциональны произведению частоты и квадрату электрической плотности, но этот закон нуждается в экспериментальном подтверждении. Если рассматривать предыдущие утверждения как истинные, то получается, что быстро изменяя разность потенциалов тела, погруженного в изолирующую газовую среду, можно рассеять в пространстве любое количество энергии. Я полагаю, что большая часть этой энергии не рассеивается в виде длинных эфирных волн, распространяющихся на значительное расстояние, как это обычно представляется, а расходуется в столкновениях и взаимодействиях, например, как в случае с использованием изолированной сферы, или, как в случае тепловых колебаний — на поверхности и вблизи сферы. Для того, чтобы уменьшить интенсивность рассеивания, необходимо использовать малую электрическую плотностью; чем они меньше, тем выше частота.

Но поскольку, в соответствии с выдвинутыми утверждениями, потери уменьшаются пропорционально квадрату плотности, и так как ток очень высокой частоты предполагает значительные потери при передаче его через проводник, следует, что в целом, предпочтительнее использовать один провод, чем два. Поэтому, если двигатели, лампы или устройства любых других типов будут усовершенствованы так, что они будут способны работать преимущественно от тока сверхвысокой частоты, то по экономическим причинам будет предпочтительнее использовать только один провод, особенно на большие расстояния.

Когда энергия поглощается в конденсаторе, то он ведет себя так, как если бы его емкость возросла. Поглощение всегда существует в большей, или в меньшей степени, но обычно оно невелико и при использовании тока не очень высокой частоты не влечет за собой каких-либо последствий.

При использовании тока сверхвысокой частоты, а также необходимой в таких случаях высокой разности потенциалов, абсорбция, или, более точно применительно к данному случаю,

потеря энергии, обусловленная наличием газообразной среды, является важным фактором, который следует принимать во внимание, так как энергия, абсорбируемая в воздушном конденсаторе, может представлять собой любую фракцию подаваемой энергии. Может показаться, что очень трудно отличить замеренную, или расчетную емкости воздушного конденсатора от его действительной емкости, или колебательный период, особенно, если конденсатор имеет очень маленькую поверхность или заряжается до очень высокой разности потенциалов. Так как многие важные результаты зависят от правильности оценки колебательного периода, то эта характеристика требует более тщательного изучения другими исследователями. Для того чтобы уменьшить вероятную ошибку в экспериментах такого типа, желательно использовать сферы, или пластины с большой поверхностью для того, чтобы максимально снизить электрическую плотность. В противном случае, там, где это возможно, предпочтительно использовать масляный конденсатор. В масле или другом жидком диэлектрике, по-видимому, нет таких потерь, как в газовой среде. Невозможно полностью исключить наличие газа в конденсаторах с твердым диэлектриком, такие конденсаторы должны быть погружены в масло хотя бы по экономическим соображениям, тогда к ним можно приложить максимальные нагрузки, и при этом они останутся холодными. В лейденских банках, потери, обусловленные наличием воздуха, сравнительно невелики благодаря тому, что покрытия из фольги большие, плотно прилегают друг к другу, а заряжаемые поверхности не подвержены прямому воздействию. Но когда разность потенциалов очень велика, то потери могут быть более или менее значительными в области верхнего края фольги, т.е. в основном там, где есть влияние воздуха. Если банку погрузить в прокипяченное масло, она будет способна выполнить работу в четыре раза большую, чем она может выполнить за тот же промежуток времени в обычных условиях, при этом потери энергии будут незначительны.

Не следует полагать, что потери при нагревании в воздушном конденсаторе обязательно связаны с образованием видимых стримеров или кистевых разрядов. Если небольшой электрод, размещенный в лампе без вакуума, подсоединить к одной из клемм катушки, то можно увидеть стримеры, исходящие с электрода, а воздух в лампе нагреется. Если вместо небольшого электрода взять большую сферу, и поместить ее внутрь лампы, то стримеры не появятся, а воздух в лампе все же нагреется.

Также не следует полагать, что температура воздушного конденсатора может дать даже приблизительное представление о потерях при нагревании, поскольку в таких случаях нагревание должно происходить намного быстрее. Это происходит потому, что в дополнение к обычному излучению, происходит очень активное выделение тепла независимыми носителями, и не только аппаратура, но и воздух на некотором расстоянии от нее нагревается от многочисленных столкновений.

Благодаря этому, в экспериментах с такой катушкой, повышение температуры может отчетливо наблюдаться только тогда, когда тело, подсоединенное к катушке, очень небольшое. Но в аппаратах большого размера, может быть нагрето даже тело значительного объема, как, например, тело человека. Я думаю, что квалифицированные врачи могли бы задуматься над вопросом о практическом использовании таких экспериментов, которые, если прибор правильно спроектирован, не должны представлять ни малейшей опасности.

Здесь возникает вопрос, представляющий некоторый интерес в основном для метеорологов. Каково поведение Земли? Земля — это воздушный конденсатор, но насколько совершенен этот конденсатор, или это только сток для энергии? Почти не вызывает сомнений факт, что при столь малом возбуждении, которое порождается в результате эксперимента, Земля ведет себя почти как идеальный конденсатор. Но он может быть и другим, когда вследствие резких возмущений, происходящих в небе, возникают колебания его заряда. Возможно, что в этом случае, как было заявлено ранее, только небольшая часть энергии колебаний может быть выброшена в пространство в виде долгих эфирных излучений, а большая часть энергии, как я полагаю, тратится на столкновения и иные воздействия молекул друг на друга, и выбрасывается в пространство в форме коротких тепловых и, возможно, световых

волн. Так как и частота колебаний заряда, и потенциал очень велики, то энергия, преобразуемая в тепло, может быть весьма значительной.

Так как плотность должна распределяться неравномерно вследствие неровности поверхности Земли, или за счет различных состояний атмосферы в разных местах, то получающийся эффект, соответственно, должен меняться от места к месту. Поэтому и возникают значительные изменения температуры и давления атмосферы в любой точке поверхности Земли. Изменения могут быть постепенными или очень внезапными, поэтому, в соответствии с природой общего возмущения, и возникают дождь, шторм или локальные изменения погоды в любую сторону.

Из приведенных выше замечаний можно увидеть, что свою важность фактор потерь энергии в воздухе вблизи от заряженной поверхности приобретает тогда, когда велика электрическая плотность, а частота импульсов — огромна. Но, как уже говорилось, это явление подразумевает, что воздух изолирован, то есть, состоит из независимых носителей заряда, погруженных в изолирующую среду. Это утверждение можно рассматривать как причину только тогда, когда давление воздуха близко к обычному (может быть чуть больше), либо, когда оно очень низкое. Когда воздух слабо разрежен и электропроводен, также происходят потери энергии. Конечно, в этом случае, при очень большой плотности, в пространство может быть рассеяно большое количество энергии даже при постоянном напряжении, или при импульсах низкой частоты.

Когда давление газа очень низкое, то электрод нагревается сильнее, так как скорость молекул намного выше. Если газ вокруг электрода сильно сжат, то любые перемещения молекул, а следовательно и их скорость очень малы, поэтому и нагревание незначительно. Но если в этом случае существенно возрастет частота, то электрод нагреется до высокой температуры, а также, если снизится давление газа. Фактически, необходимо только создать разрежение в лампе, так как мы не можем получить (а возможно, и передать) ток требуемой частоты .

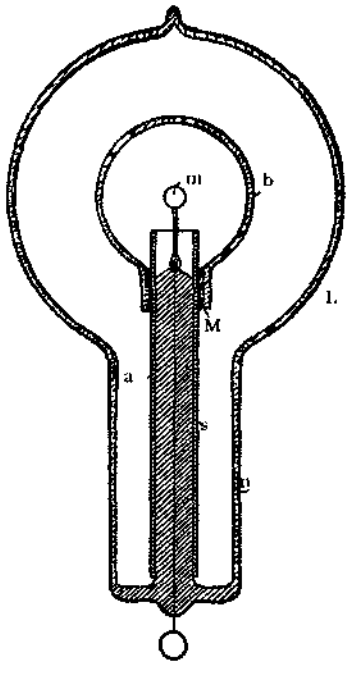


Рис. 28.

Вернемся к электроду в лампе. Он имеет очевидные преимущества в таких лампах, где нужно максимально ограничить распространение тепла от электрода за счет снижения циркуляции воздуха в ней. Если взять очень маленькую лампу, то нагревание в ней будет ограничено лучше, чем в большой, но она может не иметь достаточной емкости для работы от катушки, а если так, то стекло может сильно нагреваться. Самым простым решением в этой ситуации является использование сферы требуемого размера, но при этом нужно поместить маленькую лампу, диаметр которой правильно рассчитан, над тугоплавким электродом, находящимся внутри сферы. Такая конструкция приведена на Рис. 28.

В этом случае, сфера L оснащена большой горловиной n, которая позволяет маленькой лампе b перемещаться внутри большой. В противном случае конструкция должна быть такой, как, например, на Рис. 18. Маленькая лампа удобно расположена на стержне *S,* на котором также расположен тугоплавкий электрод m. Он отделен от алюминиевой трубки a несколькими слоями слюды *M* для того, чтобы предотвратить повреждение шейки во время быстрого нагревания алюминиевой трубки при включении тока. Если желаем получить свет только в результате накаливания электрода, то внутренняя лампа должна быть такой маленькой,

насколько это возможно. Если желаем получить свечение, то лампа должна быть больше, иначе она будет тоже нагреваться, и тогда свечение прекратится. Обычно, в таком устройстве светится только маленькая лампа, так как бомбардировка внешней сферы практически отсутствует. В некоторых из этих ламп, конструкция которых приведена на Рис. 28, маленькие трубки были покрыты слоем светящейся краски, что производило прекрасные эффекты.

Вместо того, чтобы для избежания перегрева, делать внутреннюю лампу большой, можно сделать больше электрод m. В этом случае бомбардировка ослабнет по причине уменьшения электрической плотности.

Множество ламп было изготовлено так, как показано на рис. 29. Здесь маленькая лампа b, внутри которой помещен огнеупорный электрод m, содержит очень сильный вакуум. Она помещена внутрь сферы *L* с умеренно разреженным газом, и запаяна наглухо. Основное достоинство этой конструкции в том, что она позволяет добиться очень сильного вакуума, и в то же время использовать большую лампу. В результате серии экспериментов с лампами, изображенными на Рис. 29, было установлено, что мы поступили правильно, сделав стержень *s* в области перемычки e очень толстым, а внутренний провод *w* тонким, так как иногда случается, что стержень в области перемычки нагревается и лампа лопается. Часто внешнюю сферу *L* откачивают лишь до такого состояния, чтобы мог проходить разряд, и пространство между лампами кажется темно-красным, что производит весьма любопытный эффект. В некоторых случаях, когда разрежение в большой сфере *L* очень низкое, а воздух хорошо проводит электричество, для того чтобы довести электрод *m* до состояния накала, необходимо нанести, желательно на верхнюю часть шейки сферы, покрытие из фольги, которое подсоединяется к изолированному телу, к другой клемме катушки или заземляется, поскольку хорошо проводящий ток воздух отчасти ослабляет эффект, вероятно, вследствие индуктивного воздействия со стороны провода *w* в месте, где он входит в лампу — в области перемычки *e*. Другая проблема, которая, однако, всегда присутствует, когда огнеупорный электрод располагается в очень маленькой лампе, и в устройстве изображенном на Рис. 29 — вакуум в лампе b ухудшается за сравнительно короткое время.

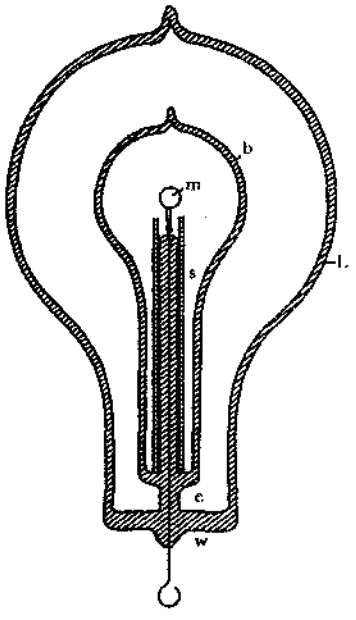


Рис. 29.

Главная идея двух последних описанных конструкций состоит в ограничении области нагрева рамками центральной части сферы, за счет не допущения циркуляции воздуха вокруг нее. Это достоинство конструкции обеспечивается, но благодаря нагреву внутренней лампы и медленному испарению стекла, трудно поддерживать вакуум, даже в конструкции, изображенной на рис. 28, в которой обе лампы сообщаются.

Но есть значительно более лучший способ — почти идеальный способ — это использование тока значительно более высокой частоты. Чем выше частота, тем медленнее обмен воздуха, и я думаю, что вполне можно получить частоту, при которой не было бы никакого обмена молекулами воздуха вокруг клеммы. Затем мы произвели бы пламя, которое происходит не в результате сжигания вещества. Это было бы необычное пламя, потому, что оно жесткое. При таких высоких частотах в игру вступает инерция частиц. Так как кистевой разряд, или пламя приобретает неподвижность благодаря инерции частиц, то их обмен следует предотвращать. Это неизбежно произойдет при увеличении числа импульсов, в результате чего потенциальная энергия частиц снизится до такой степени, что останутся только атомные

колебания, а движение и передачи энергии в рамках измеримого пространства прекратится. Таким образом, обычная газовая горелка, подсоединенная к источнику быстро изменяющегося напряжения, до определенного предела увеличивает свою эффективность. Это происходит по двум причинам, из-за дополнительно полученных колебаний и из-за замедления процесса распространения частиц.

Восполнение энергии несет в себе определенные трудности, но оно необходимо для поддержания "горения". Продолжая увеличивать частоту импульсов, с учетом того, что они могут передаваться и воздействовать на пламя, в результате получим "гашение" последнего, подразумевая под этим термином только прекращение химического процесса.

Тем не менее я полагаю, что в случае использования электрода, погруженного в жидкую изолирующую среду и окруженного независимыми носителями электрических зарядов, которые могут обладать индуктивным воздействием, в результате существенного увеличения частоты импульсов, вероятно, произойдет притяжение всего окружающего газа к электроду. Для подтверждения этого достаточно всего лишь принять на как истинное то, что независимые тела имеют различную форму. Таким образом они могут поворачиваться к электроду стороной, которая имеет наибольшую электрическую плотность. При нахождении тел в этом положении ближе к электроду, жидкостное сопротивление должно быть ниже, нежели тогда, когда они находятся на большем удалении от него.

Существует общераспространенное мнение, и я к нему присоединяюсь, что не может быть и речи о том, чтобы выработать ток такой частоты — если рассматривать некоторые из вышеизложенных положений как истинные — при которой можно получить результаты, обозначенные мною как возможные. Но я пришел к убеждению, что достижение этих результатов возможно при более низких частотах, нежели те, которые рассчитывались сначала. При установлении пламени, возникают легкие колебания, вызванные столкновениями атомов, или молекул. Но каково соотношение между частотой столкновений и вызванными колебаниями? Несомненно, что оно должно быть несравнимо меньше, чем частота ударов колокола и звуковых колебаний, либо частота разрядов и колебаний конденсатора. Мы можем побудить молекулы газа к столкновению, используя электрические импульсы переменного тока высокой частоты, и тем самым мы можем имитировать процесс, происходящий в пламени. Из экспериментов с частотами, которые мы можем получить, я сделал вывод, что мы можем получить данный результат при помощи импульсов, передаваемых через проводник.

В связи с этим, мне кажется, будет очень интересно продемонстрировать жесткость колебаний газовой колонки. Несмотря на то, что с использованием тока столь низкой частоты, как скажем 10 000 колебаний в секунду, который я легко мог получить от специально сконструированного генератора, выполнение этой задачи на первый взгляд кажется обескураживающим, я все же провел серию экспериментов. Пробные эксперименты с воздухом при обычном давлении не привели ни к какому результату, но результаты экспериментов с умеренно разреженным воздухом, я рассматриваю как безошибочное экспериментальное подтверждение искомого свойства. Поскольку результат такого рода может привести исследователей к важным умозаключениям, я опишу один из проведенных экспериментов.

Хорошо известно, что через трубку, содержащую слабо разреженный газ, разряд может проходить в виде тонкой светящейся нити. Когда разряд возникает от тока низкой частоты, получаемого от катушки, работающей в обычном режиме, эта нить инертна. Если к ней приблизить магнит, ближайшая к нему часть притянется или оттолкнется, в зависимости от направления силовых линий магнита. Я предположил, что если такую нить получить от тока очень высокой частоты, то она должна быть более или менее прочной, и поскольку нить будет видимой, то ее легче будет изучать. В связи с этим, я подготовил трубку около 1 дюйма в диаметре, и 1 метра в длину, с внешним покрытием на каждом конце. Воздух в трубке был разрежен до такой степени, при которой даже при слабом действии возникает нить разряда. Я должен заметить, что общие аспекты трубки и степень разрежения совершенно отличны от тех, которые применяются при обычном низкочастотном токе. Поскольку предпочтительнее

работать с одной клеммой, то трубка была подвешена к одному из концов провода, подсоединенного к клемме, покрытие из фольги подсоединено к проводу, а к нижнему слою покрытия подсоединена маленькая изолирующая пластинка. Когда нить образовывалась, она тянулась от верхнего конца трубки, до нижнего. Если она обладала упругостью, то эта упругость напоминала если не прочность эластичного шнура, натянутого между двумя опорами, то уж во всяком случае упругость шнура, подвешенного вертикально вниз при помощи небольшого груза на конце.

Когда к верхнему концу светящейся нити подносили палец или магнит, она могла менять свое положение в этом месте вследствие электростатического или магнитного воздействия. А когда объект возмущения очень быстро удалялся, получался результат аналогичный тому, когда вертикально подвешенный шнур быстро смещают в сторону и затем отпускают в точке, находящейся вблизи вертикали. При этом, когда в светящейся нити устанавливались колебания, образовывались два четко выделяющихся утолщения и нечеткое третье. Единожды установленные, колебания продолжались почти восемь минут, постепенно угасая. Скорость колебаний нередко меняется в ощутимых пределах, и было видно, что электростатическое притяжение стекла влияет на вибрирующую нить. Очевидно, что электростатическое действие не являлось причиной возникновения колебаний обычно неподвижной нити, которую всегда можно заставить вибрировать, если над верхней частью трубки быстро провести пальцем. Под действием магнита нить может разделяться на две вибрирующие части. Если поднести руку к нижнему покрытию трубки или к изолирующей пластине, то колебания ускоряются. Ускорение колебаний также происходит при увеличении напряжения, или частоты. Таким образом, либо увеличение частоты, либо прохождение более сильного разряда той же частоты, вызывают действие, соответствующее усилению натяжения шнура. Я не получил никаких экспериментальных доказательств истинности данной теории при использовании разрядов конденсатора. Светящаяся полоса, возникающая в лампе под действием повторяющихся разрядов лейденской банки, должна обладать прочностью, и если ее деформировать и резко отпустить, то она должна колебаться. Однако, количество вибрирующего вещества, возможно, настолько мало, несмотря на сверхвысокую скорость, инерция не может заметно проявить себя. Кроме того, вести наблюдение в таких случаях оказывается чрезвычайно трудным делом из-за присутствия основных колебаний.

Демонстрация того факта, который все еще нуждается в лучшем экспериментальном подтверждении, что колеблющееся газовое пламя обладает жесткостью, может очень сильно повлиять на научные взгляды ученых-теоретиков. Если учесть, что такие свойства могут быть замечены при низких частотах и незначительной разности потенциалов, то как же тогда должна вести себя газовая среда под воздействием сверхвысокого электростатического напряжения, которое может действовать в межзвездном пространстве, и которое может меняться с огромной скоростью? Существование такой электростатической, ритмически вибрирующей силы, — или вибрирующего электростатического поля, — может указать на возможный способ образования твердых тел из ульра-газообразной праматерии, и как поперечные и любые другие виды колебаний могут передаваться через газообразную среду, заполняющее все пространство. Далее, эфир и в самом деле может быть, лишенным твердости и состоянии покоя, он просто необходим как связующее звено, облегчающее взаимодействие. Что определяет твердость тела? Это должны быть скорость и масса движущейся материи. В газовой среде скорость может быть значительной, но плотность достаточно мала. В жидкости скорость также мала, хотя плотность может быть существенной. Но в обоих случаях инерционное сопротивление практически равно нулю. Но поместите газовую или жидкостную струю в интенсивное, быстро меняющееся электростатическое поле, придайте частицам колебания сверхвысокой скорости, и тогда инерционное сопротивление даст о себе знать. Тело сможет двигаться с большей или меньшей свободой через вибрирующую массу, но в целом оно будет твердым.

Есть предмет, который я должен упомянуть в связи с этим экспериментом. Это сильный вакуум. Это предмет, изучение которого не только интересно, но и полезно, так как это может привести к результатам большой практической важности. Заполнение промышленных

электрических устройств, таких как лампы накаливания, работающие от обычных распределительных систем, более сильным вакуумом, не даст никаких преимуществ. В этом случае работа выполняется на нити накаливания и состояние газа не имеет большого значения, поэтому улучшение будет, но незначительное. Но когда мы начинаем использовать очень высокие частоты и потенциалы, роль газа становится очень важной, и степень разрежения существенно влияет на результат. До тех пор, пока использовались обычные, пусть даже очень большие, катушки, возможности изучения данного предмета были ограничены. Они не простирались далее точки, с которой начиналось самое интересное, останавливаясь по достижении "не-пробиваемого" вакуума. Но сегодня мы можем получить от маленькой катушки пробойнго разряда катушки такую высокую разность потенциалов, которую не смогла бы дать даже самая большая обычная катушка, и что более важно, мы можем сделать так, чтобы разность потенциалов изменялась с большой скоростью. Теперь оба этих фактора позволяют нам передавать светящийся разряд через любой доступный вакуум, и область наших исследований существенно расширяется. В настоящее время из всех возможных направлений разработок практических осветительных приборов, работа в направлении сильного вакуума представляется наиболее многообещающей. Но для получения очень сильного вакуума устройства необходимо сильно усовершенствовать. Но мы не сможем это сделать до тех пор, пока мы не откажемся от механической и не улучшим электрическую вакуумную помпу. Молекулы и атомы могут выбрасываться лампой под действием сверхвысокой разности потенциалов. Это будет лежать в основе принципа работы вакуумной помпы в будущем. Сегодня мы можем получить наилучшие результаты использую механические приспособления. В этом отношении я не могу не сказать несколько слов о методе и приборе для получения высокой степени разрежения, который в ходе моих исследований зарекомендовал себя весьма неплохо. Вполне возможно, что и другие экспериментаторы использовали схожие устройства. Поскольку вполне возможно, что в их описаниях найдется немало интересного для других ученых, позволю себе несколько замечаний в отношении данного предмета, дабы представить исследование в более законченном виде.

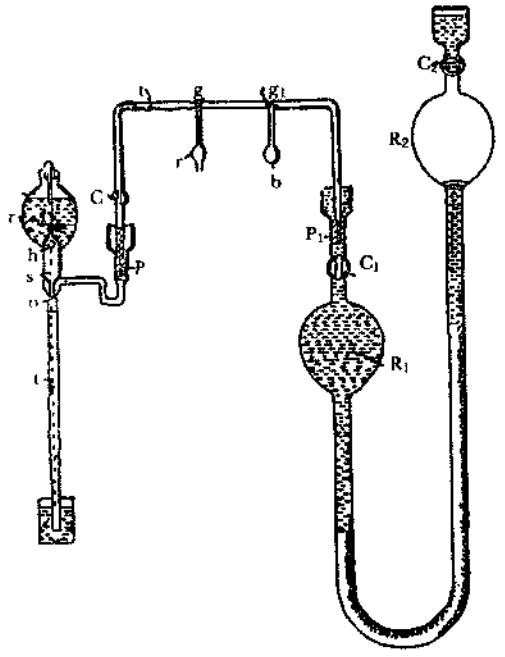


Рис. 30.

На Рис. 30 изображен прибор, где *S* — это помпа Спреигеля, которая была специально сконструирована для этой работы. Запорный кран, который обычно применяется, был удален, и вместо него в горловину резервуара *R* вмонтирована пустотелая пробка *S.* В пробке сделано маленькое отверстие b, через которое опускается ртуть. Размер входного отверстия *o* определяется в соответствии с сечением трубки t, которая припаяна к резервуару, вместо того, чтобы быть подсоединенной к нему обычным способом. В конструкции этого прибора устранены некоторые недостатки, позволяющие избежать сложностей, которые часто возникали при использовании запорного крана на резервуаре и соединения последнего с низводящей трубкой.

Помпа через U-образную трубку *t* подсоединена к очень большому резервуару *Rj.* При сборке особое внимание следует уделить шлифовке поверхностей пробок *p* и *p j.* Обе пробки и ртутные чашки над ними сделаны очень д л и н н ы м и . После того, как U-образную трубку смонтируют и установят на своем месте, ее нагревают, для того, чтобы смягчить и снять

напряжение, которое может возникнуть в результате недостатков монтажа. U-образная трубку оснащена запорным краном и двумя отводами: *g* и *gj*. Один из отводов, подключаемый к маленькой лампе b, обычно заполняется каустической содой, а другой, подключаемый к приемному резервуару , содержит разреженный воздух.

Резервуар *Rj* посредством резиновой трубки подключается к немного большему по размеру резервуару R_2. Каждый из двух резервуаров снабжен запорными кранами C/ и *C2,* соответственно. Резервуар R_2 можно поднимать и опускать при помощи колеса и штатива. Диапазон его движений определен так, что если он заполнен ртутью и запорный кран C_2 закрыт, то когда он поднят, в нем образуется Торричеллева пустота. Он может быть поднят так высоко, что ртуть в резервуаре *Rj* останавливается немного выше запорного крана *Cj,* и когда этот запорный кран закрыт, а резервуар R_2 опущен так, что в резервуаре R_1 образуется Торричеллиева пустота, то ртуть может быть опускаться настолько, что полностью заполняет полость последнего. Ртуть заполняет резервуар R_2 до уровня расположенного немного выше запорного крана C_2.

Емкость помпы и соединений были сделаны настолько маленькими, насколько это было возможно относительно объема резервуара *Rj,* так как степень разрежения зависит от соотношения этих параметров.

Я объединил обычные средства, указанные в предыдущих экспериментах для получения очень сильного вакуума, с этим аппаратом. В большинстве экспериментов было удобно использовать едкое кали. Я осмелюсь высказать некоторые замечания в отношении его использования. Экономится много времени, и работа помпы улучшается, если в момент установки помпы, или непосредственно перед этим, расплавить и довести едкий кали до кипения. Если этот процесс не проделать, то клеи, которые обычно используются, очень медленно могут испускать небольшая влажность, при наличии которой помпа может работать в течение многих часов не создавая сильный вакуум. Едкое кали нагревается либо спиртовой горелкой, либо пропусканием через него разряда, либо пропуская ток по проходящему через него проводу. Преимущество последнего варианта в том, что нагревание можно повторять значительно быстрее.

Обычно процесс разрежения протекает следующим образом. В начале работы запорные краны C_1 и C_2 открыты, а все другие соединения закрыты. Резервуар R_2 поднимается до тех пор, пока ртуть не заполнит резервуар R_1, и часть U-образной трубки. Когда помпа начинает работать, ртуть должна быстро подниматься в трубке, и резервуар R_2 опускается, а экспериментатор поддерживает уровень ртути на том же уровне. Резервуар R_2 уравновешивается длинной пружиной, которая облегчает действие, а силы трения частей обычно в целом достаточно для того, чтобы удерживать его практически в любом положении. Когда помпа Спренгеля заканчивает свою работу, резервуар R_2 опускается еще ниже, ртуть опускается в резервуар *Rj* и заполняет резервуар R_2 над которым закрывается запорный кран C_2. Воздух, налипший на стенки резервуара R_1 и абсорбированный ртутью, удаляется, и ртуть освобождается от всего воздуха в резервуаре R_2, который он набрал за время долгой работы, перемещаясь вверх и вниз. Во время этого процесса некоторое количество воздуха, которое должно было собираться ниже запорного крана C_2, удаляется из резервуара R_2 в результате опускания его вниз и открывания крана, который позже перед подъемом резервуара закрывается. Когда весь воздух из ртути удален и он больше не собирается в резервуаре R_2 при его опускании, прибегают к действию каустического поташа. Теперь резервуар R_2 вновь поднимается до тех пор, пока ртуть в резервуаре *Rj* не поднимется выше запорного крана *CJ.* Каустический поташ расплавлен и находится в состоянии кипения. При этом влага частично удаляется помпой, а частично реабсорбируется. Этот процесс нагревания и охлаждения повторяется много раз, и каждый для абсорбирования и удаления влаги требуется все больше подъемов и опусканий резервуара R_2. Таким образом, вся влага удаляется из ртути и оба резервуара приводят в состояние , пригодное для использования. Затем, резервуар R_2 вновь поднимают в самое верхнее положение, а помпу оставляют в рабом режиме на длительный

период времени. После получения максимально возможного вакуума при помощи помпы, лампу с поташем обычно заворачивают в хлопок, смоченный эфиром для того, чтобы сохранить низкую температуру поташа. Затем резервуар R_2 опускают, а на опустошенный резервуар *Rj* надевают приемный резервуар r, и быстро запаивают.

Когда приносят новую лампу, ртуть всегда должна быть выше запорного крана *Cj,* который закрыт для того, чтобы всегда сохранять ртуть и оба резервуара в наилучшем состоянии и ртуть никогда не выливается из резервуара *Rj,* за исключением случаев, когда помпа достигает наивысшей степени разрежения. Это правило необходимо соблюдать, если Вы желаете успешно пользоваться этим аппаратом.

Используя эти приспособления, я мог совершать процесс очень быстро, и когда прибор был в идеальном состоянии, то было возможно достичь стадии фосфоресценции в маленькой лампе менее чем за 15 минут. Это время определенно является очень быстрым для маленькой лабораторной установки, требующей всего около 100 фунтов ртути.

В обычной маленькой лампе соотношение емкости помпы, приемного резервуара и соединений к резервуару *R* составляет где-то 1 к 20. Степень достигаемого разрежения получается очень высокой, хотя я и не могу дать точное определение насколько оно велико.

Что больше всего производит впечатление на исследователя при проведении этих опытов, так это поведение газов, которые подвергаются воздействию очень быстро изменяющемуся электростатическому напряжению. Но исследователя не должно покидать сомнение: в наблюдаемых эффектах принимают участие только молекулы и атомы газа, которые нам хорошо известны по результатам химического анализа, или же в них принимает участие еще и другая газообразная среда, включающая в себя атомы и молекулы жидкости, заполняющей пространство. Такая среда, несомненно, должна существовать, и я убежден что, например, даже при отсутствии воздуха и непосредственно прилегающее к нему пространство, должны нагреваться из-за быстро меняющейся разности потенциалов тела. Но такое нагревание не может происходить, если все свободные атомы удалены и остались только атомы однородных, несжимающихся и упругих жидкостей, например, таких как эфир, которые не допускают никаких взаимодействий и столкновений. В этом случае, могут происходить только фрикционные потери и только в той степени, в которой это позволяет само тело.

Поразительно то, что с увеличением частоты импульсов, разряд проходит через газ все легче и легче. В этом плане его поведение прямо противоположно тому, что происходит в металлическом проводнике. В последнем случае полное сопротивление -импеданс — наступает при увеличении частоты. Но газ должен проявлять себя как несколько последовательно включенных конденсаторов: легкость, с которой проходит разряд, возможно, зависит от скорости изменения разности потенциалов. Если это так, тогда в вакуумной трубке даже очень большой длины и вне зависимости от силы тока, не могла бы возникнуть сколь-нибудь существенная самоиндукция. Таким образом, мы с Вами сейчас можем воочию убедиться, что через проводник в газовой среде могут проходить импульсы такой частоты, какую мы только сможем получить. Если бы мы смогли увеличить частоту до необходимой величины, то смогли бы создать систему распределения электрической энергии, которой заинтересовались бы и газовые компании: металлические трубы, заполненные газом — где металл выступает как изолятор, а газ — как проводник, снабжающий энергией фосфоресцентные лампы и, возможно, устройства, которые еще не изобретены. Нет сомнений в том, что вполне возможно, взять полый медный стержень, создать в нем разрежение газа, и при помощи импульсов достаточно высокой частоты, проходящих по цепям вокруг него, довести газ внутри стержня до высокой степени накаливания. Но поскольку мы еще мало знаем о природе этих сил, то возникают сомнения: а будет ли с такими импульсами медный стержень вести себя как статичный экран? С такими парадоксами и причинами, обуславливающими явную невозможность осуществления тех, или иных проектов, мы сталкиваемся на каждом шагу этого направления работы, а в этом в основном и заключается обаяние исследовательской работы.

А сейчас, я беру короткую и широкую трубку, внутри которой имеется газ с высокой!

степенью разреженности, и которая имеет прочное бронзовое покрытие, едва позволяющее свету проходить через него. Металлическая застежка, с крюком для подвешивания трубки, закреплена вокруг средней части последней. Зажим находится в контакте с бронзовым покрытием. Теперь я хочу, чтобы газ внутри трубки стал излучать свет, когда я подвешу трубку на провод, подсоединенный к катушке. Любому, кто захочет провести этот эксперимент в первый раз, не имея никакого предварительного опыта, следует позаботиться о том, чтобы в этот момент никого из посторонних в комнате не было. В противном случае, он может стать объектом насмешек со стороны своих помощников. Однако, , несмотря на наличие металлического покрытия, лампа засветилась, и свет отчетливо проступает сквозь нее. Длинная трубка, покрытая алюминиевой бронзой, излучает яркий свет, когда я удерживаю ее в одной руке, а другой рукой касаюсь клеммы катушки. Можно было бы возразить, что покрытия обладают недостаточной степенью электропроводности, а поскольку они обладают высоким сопротивлением, то должны экранировать газ. Они, несомненно, служат хорошим экраном в состоянии покоя, но когда на покрытие воздействует разряд, то экранирующая способность существенно ослабевает. Однако внутри трубки, несмотря на наличие экрана, именно из-за наличия газа, происходит большая потеря.

Если бы мы взяли большую полую металлическую сферу и заполнили ее самым совершенным, несжимаемым жидким диэлектриком, даже несмотря на быстрое изменение потенциалов, внутри сферы у нас не было бы потерь энергии, и, следовательно, сферу можно было бы рассматривать как полностью экранированную. Если бы мы заполнили сферу маслом, то потери энергии были бы значительно меньше, нежели тогда, когда вместо жидкости используется газ, поскольку в последнем случае, возникает сила, вызывающая перемещения, то есть взаимодействия и столкновения частиц внутри сферы.

Давление газа внутри сферы не имеет большого значения. Этот фактор приобретает значение при нагревании проводника, когда электрическая плотность становится огромной, а частота очень высокой. Таким образом, при нагревании проводников при помощи светящихся разрядов, воздух становится элементом исключительной важности. Этот факт можно рассматривать как совершенно точный, почти так, как если бы он был подтвержден экспериментально. Я могу проиллюстрировать действие воздуха в следующем эксперименте: я беру короткую трубку, заполненную вакуумом средней степени, и платиновую проволоку, протянутую через середину трубки от одного конца к другому. Затем пропускаю через проволоку постоянный или низкочастотный ток, и она равномерно нагревается по всей длине. Нагревание здесь произошло вследствие проводимости или фрикционных потерь, и газ вокруг проволоки, как мы можем убедиться воочию, не играет никакой роли. А теперь я пропускаю через проволоку резкие разряды, или ток высокой частоты. Проволока опять нагревается, но сильнее на концах и меньше в средней части, а если частота импульсов, или скорость изменения потенциалов достаточно высоки, то проволока может оборваться в середине, а может и не оборваться, поскольку практически все нагревание происходит благодаря разреженному газу. Здесь газ может выступать только как проводник с нулевым сопротивлением, по которому течет ток от провода, так как сопротивление последнего взросло до огромного значения, вследствие нагрева концов провода, произошедшего из-за сопротивления проходящему по ним разряду. Но совершенно нет необходимости в том, чтобы газ в трубке был электропроводным. Он может быть очень низкого давления, и тогда концы проволоки будут нагреваться. При этом, как было установлено экспериментально, эти концы могут и не иметь электрического контакта через газовую среду. Что теперь происходит с частотами и разностью потенциалов в разреженной трубке, подверженной воздействию светящихся разрядов при обычном давлении? Мы должны помнить один из фактов, полученных в результате данных исследований, а именно: по отношению к импульсам очень высокой частоты газ, находящийся под обычным давлением, ведет себя почти так же, как и газ, находящийся под умеренно низким давлением. Я думаю, что при частых разрядах, проволока или электропроводные объекты часто улетучиваются только потому, что вокруг них присутствует воздух. А вот если бы проводник был погружен в изолирующую жидкость, то остался бы цел, поскольку в этом случае энергии

пришлось бы найти себе иной выход. Из поведения газа при скачкообразных импульсах высокого напряжения я сделал вывод, что не может быть никакого другого верного способа направить светящийся разряд, кроме как позволить ему пройти через некий объем газа, если подобное можно осуществить на практике.

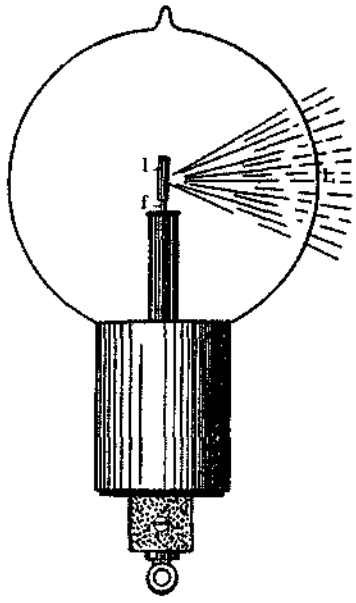


Рис. 31.

Есть еще две особенности, связанные с этим экспериментом, на которых, я думаю, необходимо остановиться подробнее — это "лучистое состояние" и "не зажигающий вакуум".

Любой, кто изучал работы Крукса, должен прийти к выводу, что "лучистое состояние" является свойством газа, находящего в состоянии сверхвысокого разрежения. Но следует помнить, что явления, наблюдаемые в сосуде с разреженным газом, ограничены свойствами и возможностями используемого аппарата. Я думаю, что в лампе движение молекулы или атома происходит по прямой линии не потому, что он не встречает на своем пути преград, а потому, что скорость, приданная ему, достаточно высока для того, чтобы его движение происходило по прямой линии. Свободный для движения путь — это одно, а скорость, то есть энергия, связанная с движущимся телом, — это другое, и я думаю, что при обычных условиях она относится к разности потенциалов, или к скорости. При большой разности потенциалов и при сравнительно низкой степени разрежения газа, катушка пробойного разряда вызывает свечение и проецирует тени. В светящемся разряде, при обычном давлении, частицы движутся по прямым линиям тогда, когда усредненный свободный путь по протяженности очень мал, и часто изображение проволоки, или других металлических предметов, производятся частицами, направленными по прямым линиям.

Я подготовил лампу, чтобы экспериментально показать правильность этих утверждений. В шаре *L* (рис. 31) я поместил над нитью накаливания *f* кусочек извести l. Нить накаливания соединена с проволокой, которая идет внутрь лампы, конструкция которой приведена на Рис. 19 и описана выше. Лампа подвешена на проволоке, подсоединенной к клемме катушки. Когда катушка приводится в действие, то выступающую часть нити накаливания с кусочком извести подвергают бомбардировке. Степень разрежения в лампе такова, что напряжение катушки может вызвать свечение стекла, но при ослаблении вакуума оно исчезает. Известь содержит влагу, а при нагревании влага выделяется, поэтому свечение продолжается всего лишь несколько мгновений. Когда известь достаточно сильно нагревается, значительное количество выделившейся влаги существенно ухудшает качество вакуума в лампе. При бомбардировке одна часть куска извести нагревается больше, чем остальные, в конце концов, практически все разряды проходят через эту, интенсивно нагреваемую часть, и белый поток частиц извести (Рис. 31) вырывается вперед из этой точки. Этот поток состоит из "лучистого" вещества, хотя степень разрежения низкая. Но частицы движутся по прямым линиям, так как скорость, приданная частицам велика. Высокая скорость частиц обусловлена тремя причинами: высокой электрической плотностью, высокой температурой в малой области воздействия и тем фактом, что частицы извести легко отделяются и испускаются, гораздо легче, чем частицы углерода. При работе с частотами, которые мы способны получить, частицы целиком испускаются и выбрасываются на значительное расстояние, но при более высоких частотах этого не происходит. В этом случае только напряжение или колебания могут распространяться через лампу. Если бы атомы двигались со скоростью света, то мы никогда бы не смогли получить такую частоту. Я полагаю, что это невозможно, так как для этого требуется огромная разность потенциалов. С той разностью потенциалов, которую мы способны получить даже при помощи катушки пробойного разряда, скорость атомов должна быть совершенно незначительной.

Что касается "не зажигающего вакуума", то было замечено, что он может возникать только при низкочастотных импульсах. Это обусловлено невозможностью испускания достаточного количества энергии такими импульсами при сильном вакууме, так как некоторые атомы, находящиеся вокруг клеммы взаимодействуют с теми, которые отталкиваются и удерживаются на расстоянии сравнительно долгий период времени. При этом выполняется недостаточно работы для того, чтобы вызвать эффект, воспринимаемый глазом. Если разность потенциалов между клеммами увеличивается, то диэлектрик разрушается. Но при импульсах очень высокой частоты разрушения диэлектрика может и не быть, так как некоторое количество выполняется непрерывным возбуждением атомов в разреженном сосуде, при условии, что частота достаточно велика. Даже при частоте, получаемой от генератора переменного тока,

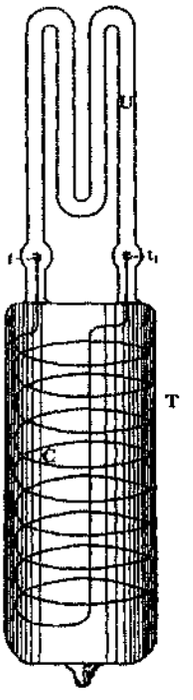


Рис. 32.

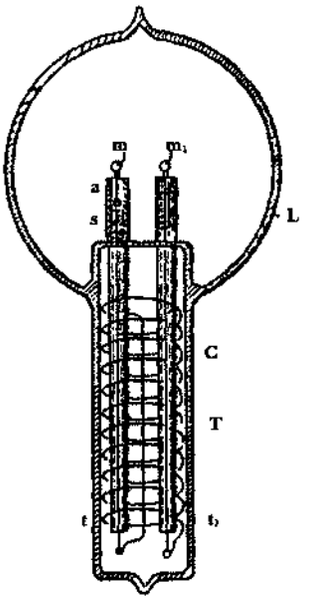


Рис. 33.

использованного в данном эксперименте, можно легко достичь состояния, при котором разряд не проходит между двумя электродами в узкой трубке, где каждый из электродов подсоединен к одной из клемм катушки. Однако достичь состояния, при котором вокруг электродов светящийся разряд не мог бы возникать, совсем не просто.

При этом в отношении тока высокой частоты возникает совершенно естественная мысль: а почему бы не использовать его как мощное средство электродинамического воздействия для производства световых эффектов в запаянном стеклянном сосуде. Наличие внутреннего провода является одним из недостатков существующих ламп накаливания. И если никаких других усовершенствований не будет привнесено в конструкцию ламп, то уж по крайней мере этот недостаток можно устранить. Следуя этой мысли, я продолжил эксперименты в различных направлениях, некоторые из которых изложил в моей предыдущей работе. А сейчас я бы хотел остановиться на двух других направлениях проводимых экспериментов.

На Рис. 32 представлены конструкции ламп, изготовленных в большом количестве.

На Рис. 32 широкая трубка *T* припаяна к маленькой W-образной трубке *U* из фосфоресцирующего стекла. В трубку *T* помещена катушка С из алюминиевой проволоки, на концах которой имеются небольшие алюминиевые сферы *t* и *tj,* входящие внутрь трубки *U.* Трубка *T* вставлена в гнездо, содержащее первичную катушку, через которую обычно проходит разряд из лейденских банок. Под воздействием тока высокого напряжения, вызванного в катушке С, разреженный газ в маленькой трубке *U* излучает мощный свет. Когда для

индуцирования тока в катушке *C* используется разряд лейденской банки, то необходимо плотно набить трубку *T* изолирующим порошком, так как часто возникает разряд между витками катушки, особенно тогда, когда первичная катушка толстая, а воздушный зазор, через который происходит разряд банок — большой. Если принять эти меры, то никаких подобных осложнений в дальнейшем не возникнет.

На Рис. 33 представлена другая конструкция лампы. В этом случае трубка *T* припаяна к шару *L.* Трубка содержит катушку *C,* концы которой проходят через две маленьких стеклянные трубки *t* и *tj,* которые припаяны к трубке *T.* Два тугоплавких электрода m и m_1 размещены на нитях накаливания лампы, которые подсоединены к концам проводов, проходящих через стеклянные трубки t и *tj*.

Обычно в лампе, сделанной по этой, схеме шар *L* сообщается с трубкой *T.* Для этого концы маленьких трубок *t u* t_1 слегка нагреваются в пламени горелки, а затем просто прикладываются к проволоке, но так, чтобы не повредить соединение. Сначала подготавливается трубка *T* с маленькими трубками, проводами внутри них и тугоплавкими электродами *m* и m_1, а затем припаивается к шару *L,* над которым устанавливается и подключается катушка *C.* Затем трубка *T* заполняется изолирующим порошком, который утрамбовывается как можно плотнее, и закрывается. В трубке оставляется только маленькое отверстие, через которое досыпаются остатки порошка, и в конце концов трубка запаивается совсем. Обычно в конструкциях ламп, изображенных на Рис. 33, алюминиевая трубка *a* крепится на верхней части *S* каждой из трубок *t* и *tj.* Это нужно для того, чтобы не допустить нагревания верхней части трубки. Электроды m и m_1 можно доводить до любой степени накала, при помощи разрядов лейденской банки, проходящих через катушку C. В таких лампах с двумя электродами возникает очень красивый эффект, связанный с образованием теней от каждого из электродов.

Целью другого направления экспериментов, являлось индуцирование тока, или светящегося разряда в вакуумной трубке при помощи электродинамической индукции. Этот предмет настолько широко исследован и описан в трудах профессора Дж. Дж. Томсона, что я если мог бы что-либо добавить, то очень немногое, даже если бы это было отдельной темой данной лекции. Но поскольку эксперименты в этом направлении дали определенные результаты и сформировали у меня определенные взгляды, мне представляется необходимым сказать об этом несколько слов.

Не вызывает сомнения факт, и результаты многочисленных опытов это подтверждают, что по мере увеличения длины трубки (т.е в каждой последующей единице ее длины), постепенно уменьшается электродвижущая сила, необходимая для прохождения разряда. Поэтому, в разреженной трубке достаточной длины, можно получить светящийся разряд даже при низкой частоте, если замкнуть трубку на себя. Такую трубку можно разместить вокруг комнаты или на потолке, в результате получится простое устройство, способное дать значительное освещение. Но это устройство было бы сложным в производстве и совершенно нерегулируемым. Сделать трубку маленькой длины — тоже не самый лучший выход, поскольку при обычных частотах возникали бы большие потери энергии на покрытиях. Помимо этого, при использовании покрытий, лучше подавать ток непосредственно на трубку, подключая покрытия к трансформатору. Но, даже если устранить все подобное недостатки, , то, как я уже отмечал ранее, на низких частотах преобразование света как таковое все же будет неэффективным. При использовании сверхвысоких частот длина вторичной обмотки или, другими словами, размер сосуда, может быть уменьшен до желаемой величины, а эффективность преобразования света возрастет, разумеется, при условии, что будут созданы средства для получения таких высоких частот. Таким образом, принимая во внимание как теоретически, так и практические данные, мы сможем использовать ток высокой частоты, а это означает, что мы получим мощную электродвижущую силу при слабом токе в первичной обмотке. Когда Томсон работал с зарядом конденсатора, а это единственное на сегодняшний день известное средство для получения тока высокой частоты, то он смог получить электродвижущую силу, мощностью в несколько тысяч

вольт на каждый виток первичной обмотки. Однако Он не смог усилить эффект электродинамической индуктивности увеличением числа витков первичной обмотки и сделал вывод, что лучше всего работать с одним витком, хотя он и должен был иногда отступать от этого правила — он должен был справляться с тем индуктивным эффектом, который мог получить от одного витка. Но еще до начала экспериментов с токами высокой частоты, необходимыми для получения в маленькой лампе электродвижущей силы в несколько тысяч вольт, он создал несколько очень важных электростатических эффектов. С увеличением частоты увеличивается значение этих эффектов по отношению к электродинамическим.

Сегодня, в этой области, главным предметом наших желаний является увеличение частоты, что неизбежно ухудшит электродинамические эффекты. С другой стороны, сегодня можно легко усиливать электростатическое действие путем увеличения витков на вторичной обмотке, или сочетанием самоиндукции и емкости с увеличением напряжения.

Также следует помнить, что при уменьшении тока до минимальной величины и увеличении напряжения, электрические импульсы высокой частоты могут легче проходить через проводник.

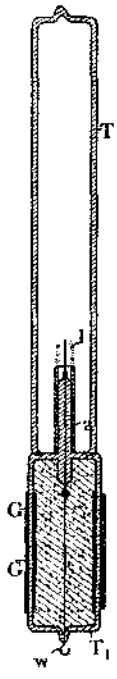
Эти и другие доводы побудили меня обратить больше внимания на электростатические явления, и я задался целью получить ток как можно более высокого напряжения с как можно более быстрыми колебаниями. Затем я обнаружил, что могу вызвать возбуждения в вакуумной трубке, находящейся на значительном расстоянии от проводника, подключенного к катушке определенной конструкции. Я также обнаружил, что могу, преобразовав колебательный ток конденсатора в высокое напряжение, установить переменные электростатические поля, действие которых распространяется по всему объему комнаты, заставляя трубку светиться вне зависимости от ее положения в пространстве. Я понял, что сделал шаг вперед и продолжил исследования в этом направлении, но хочу сказать, что я, как и все те, кто влюблен в науку и прогресс, желаем только одного — добиться такого результата своей работы, который мог бы найти себе применение во всех областях человеческой деятельности.

Я думая, что это верное направление работы, поскольку исходя из результатов наблюдений за явлениями, которые появляются при работе с токами высокой частоты, я не вижу, за исключением электростатических сил, что же действует между двумя цепями, по которым проходят, к примеру, импульсы в несколько сотен миллионов колебаний в секунду. Даже с такими незначительными частотами практически вся энергия должна представлять собой напряжение, и пришел к твердому убеждению, что вне зависимости от того к какому виду движения относится свет, он порождается огромным электростатическим напряжением, колеблющимся с необычайно высокой скоростью.

Среди всех этих явлений, наблюдаемых при использовании тока или электрических импульсов высокой частоты, наиболее увлекательными для аудитории являются те, в которые образуются в электростатическом поле, действующем на значительном расстоянии, и лучшее, что может сделать неопытный лектор — это начать и закончить демонстрацией этих необыкновенных эффектов. Я беру в руки трубку, двигаю ею, и она светится, куда бы я ее не поместил; во всем пространстве действуют невидимые силы. Но я могу сделать другую трубку, и она может не светиться, так как в ней находится очень сильный вакуум. Я возбуждаю ее при помощи катушки пробойного разряда, и теперь она светится в электростатическом поле. Я могу спрятать ее на несколько недель, или месяцев, и после этого она все еще сохранит способность к возбуждению. Какое изменение я вызвал в трубке, вызвав в ней возбуждение? Если атомам придается движение, то трудно понять, как оно может так долго сохраняться и не гаснуть из-за фрикционных потерь. Если в диэлектрике возникает натяжение, такое как при простом получении света, то легко увидеть, как он может неопределенно долго сохраняться, по очень трудно понять, почему это может вызывать возбуждение, когда мы имеем дело с быстро меняющимися потенциалами.

С тех пор, когда я впервые показал это явление, мне удалось получить еще несколько интересных эффекты. Например, мне удалось добиться высшей степени накала электрода, нити

накаливания или проволоки, находящихся в трубке. Чтобы достичь этого результата, необходимо было минимизировать потери энергии, поступающей из поля, большая часть которой направляется на маленькое тело для приведения его в состояние накала. В начале эта задача показалась трудной, но весь мой предыдущий опыт работы помог мне легко достичь желаемого результата. На Рис. 34 и Рис. 35 изображены две такие трубки, изготовленные специально для данного случая. На Рис. 34 короткая трубка *Tj,* припаянная к более длинной трубке *T,* снабжена ножкой *S* с запаянной в нее платиновой проволокой. К этой проволоке прикреплена очень тонкая нить накаливания *f,* а вывод наружу сделан из тонкой медной проволоки *W.* Трубка снаружи и изнутри имеет покрытия С и *Cj* соответственно. Внутреннее пространство трубки до уровня каждого покрытия заполнено электропроводным порошком, а пространство над ними — неэлектропроводным. Эти покрытия используются только для того, чтобы можно было провести два эксперимента с трубкой, а именно: получить желаемый эффект при помощи либо прямого подключения тела экспериментатора или другого тела к проводу *W,* либо посредством индуктивного воздействия через стекло. Ножка *S* снабжена алюминиевой трубкой *a,* назначение которой было указано ранее, и только маленькая часть нити накаливания выходит из этой трубки. Если трубку *T]* поместить куда угодно в электростатическое поле, то нить накаляется.



Fi
Рис.34.

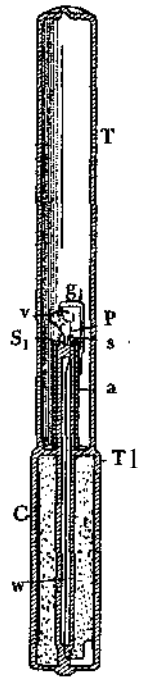


Fig. 35
Рис. 35.

Более интересная часть устройства показана на Рис. 35. Конструкция та же, что и раньше, только вместо нити лампы используется маленькая платиновая проволочка *p,* запаяная в ножку *S* и согнутая выше нее в кольцо, подсоединена к медному проводу *W,* который соединяется с внутренней обкладкой С. Маленькая ножка *Sj* имеет иголку, на острие которой установлена очень легкая крыльчатка из слюды *V,* которая легко может вращаться. Чтобы крыльчатка не слетела, тонкая стеклянная ножка *g* изогнута соответствующим образом и прикреплена к алюминиевой трубке. Когда стеклянную трубку держат в электростатическом поле, платиновая проволочка накаляется, и слюдяная крыльчатка очень быстро крутится.

В лампе можно возбудить очень интенсивную флуоресценцию, просто соединив ее с находящейся в поле пластиной, площадь которой не требуется намного большей чем у обычного абажура. Фосфоресценция, возбуждаемая этими токами, несравнимо интенсивнее, чем от обычного аппарата. Маленькая фосфоресцентная лампа, если ее подключить к соединенному с катушкой проводу, испускает достаточно света, чтобы можно было прочесть обычный шрифт на расстоянии в пять-шесть шагов. Было интересно посмотреть, как будут вести себя при этих токах некоторые из фосфоресцентных ламп Профессора Крукса, и он любезно одолжил мне несколько по этому поводу. Получаемые эффекты впечатляют, особенно с сульфидом кальция и сульфидом цинка. С катушкой пробойного разряда они сильно светились, если их просто держать в руке, соединив тело с контактом катушки.

К каким бы результатам ни привели такого рода исследования, в настоящее время основной их интерес лежит в направлении открываемых ими возможностей для создания эффективного осветительного прибора. Ни в какой другой области электрической индустрии так не нужен прогресс, как в получении света. Каждый мыслящий человек, если он вдумается в то, насколько варварские методы используются [сейчас], насколько плачевны потери в лучших наших системах производства света, должен спросить себя: Каким же должен быть

свет в будущем? Будет ли он [получаться] от раскаленного твердого тела, как в нынешней лампе, или от раскаленного газа, или от фосфоресцентного тела, или от чего-нибудь наподобие горелки, но несравнимо более эффективной?

Шанс разработать газовую горелку крайне мал; и не потому, вероятно, что человеческий гений многие века корпел над этой проблемой без какого-либо радикального прогресса, — хотя этот аргумент также не лишен силы, — но потому, что в горелке более высокие вибрации никогда нельзя достичь, не пройдя через все более низкие. Потому что как получить пламя, кроме как через падение поднятых грузов? Подобный процесс не может идти без возобновления, а возобновление повторяется, проходя от низких вибраций к высоким. По-видимому, есть только один путь улучшить горелку, а именно, пытаясь достичь более высоких степеней накаливания. Более высокое накаливание эквивалентно более быстрой вибрации. Это означает больше света от того же [количества] вещества, а это в свою очередь означает более высокую экономию. В этом направлении уже сделаны некоторые усовершенствования, но дальнейшему развитию препятствуют множество ограничений. Таким образом, если не принимать в расчет пламя, то остаются три, ранее обозначенных пути, и все они ведут через электричество.

Представьте себе, что в ближайшем будущем свет будет получаться в результате накала твердого тела электричеством. Разве не лучше будет использовать маленький электрод, нежели непрочную нить накала? Несомненно, что исходя из множества соображений, использование электрода должно быть признано более экономичным, разумеется, при условии, что будут успешно преодолены сложности, связанные с работой таких ламп. Но для того, чтобы зажечь такую лампу, нам необходимо более высокое напряжение, а для экономичного использования таких ламп нам необходима более высокая частота тока.

Эти доводы даже в большей степени относятся к производству света при помощи накала газа, или фосфоресценции. Во всех случаях нам требуется более высокая частота и более высокое напряжение. Я пришел к этим умозаключениям давно.

Использование тока высокой частоты имеет множество преимуществ, например: высокая экономия энергии при производстве света, возможность работать с использованием только одного провода, возможность избавиться от необходимости использовать внутренний провод и т. д.

Но вопрос в том, как далеко мы можем идти по пути увеличения частоты? Обычные проводники при сильном повышении частоты теряют способность к передаче электрических импульсов. Предположим, что у нас есть самые совершенные средства производства импульсов. Тогда возникает вопрос: "А как мы будем передавать импульсы, когда возникнет необходимость?" При передаче таких импульсов через проводник, мы должны помнить, что нам придется иметь дело с *давлением* и с *потоком,* в обычном понимании этих терминов. Если увеличить давление до огромной величины, и соответственно снизить поток, тогда такие импульсы, несомненно, можно будет передавать по проводам, даже если их частота будет [исчисляться многими сотнями колебаний в секунду. Разумеется, совершенно невозможно будет передавать такие импульсы через провод, погруженный в газовую среду, даже если этот провод покрыт толстым слоем самой лучшей изоляции, поскольку большая часть энергии будет теряться вследствие молекулярных бомбардировок и последующего нагревания. Конец провода, подключенный к источнику энергии, будет нагреваться, а от источника до дальнего конца провода дойдет лишь малая толика энергии. Таким образом получается, что для того, чтобы использовать такие электрические импульсы, в первую очередь нужно найти способ снизить до минимального уровня рассеивание энергии.

Первое, что приходит на ум — это использовать самый тонкий, из возможных, провод, покрытый самым толстым, из возможных, слоем изоляции. Вторая мысль — это использовать электростатические экраны. Изоляция провода может нести на себе электропроводное покрытие, подключенное к земле. Но это не годится, поскольку тогда вся энергия будет уходить через электропроводное покрытие в землю, и до дальнего конца провода ничего не

дойдет. Если уж устанавливать заземление, то тогда оно проходить через совершенно независимый провод, или через конденсатор очень малой емкости. Однако это не устраняет иные сложности.

Если длина импульсов будет намного меньше длины провода, тогда соответствующие короткие волны будут устанавливаться в электропроводном покрытии, а это почти то же самое, как если бы покрытие было подключено непосредственно к земле. Следовательно, необходимо нарезать покрытие на секции, длина которых намного меньше длины волны. При таком подключении хороший экран не установить, но плохой же в десять тысяч раз лучше, чем никакой. Я думаю, что было бы предпочтительней нарезать электропроводное покрытие на маленькие секции, даже если длина волны намного превосходит длину покрытия.

Если провод снабдить хорошим электростатическим экраном, это будет равносильно тому, как если бы от него на огромное расстояние удалили бы все предметы. Таким образом, можно снизить емкость до величины емкости собственно провода, которая очень мала. Тогда стало бы возможным передавать по проводу колебания тока очень высокой частоты на огромные расстояния без какого-либо существенного воздействия на сами колебания.

Разумеется, создать безупречный экран не представляется возможным, но я надеюсь, что экран, подобный тому, что я описал для телефонии, вполне можно применить в данном случае для экранирования трансатлантического кабеля. Если следовать моим предложениям, то провод с гуттаперчевым изолирующим покрытием следует оснастить третьим электропроводным покрытием, разделенным на секции. Поверх электропроводного покрытия следует нанести еще один слой гуттаперчевой и эфирной изоляции, а поверх нее уже защитный слой. Но такой кабель не будет создан, потому, что вскоре человеческие знания — передаваемые без проводов — будут отдаваться в земле, как сердечный пульс в живом организме. Любопытно то, что при нынешнем состоянии научных знаний и опыта, никто не попытался использовать электростатическое, или магнитное поле Земли для передачи знаний, или чего-нибудь еще.

Плавная цель, которую я преследовал при демонстрации этих опытов, состояла в том, чтобы показать Вам новые явления и особенности, а также предложить некоторые идеи, которые, как я надеюсь, будут служить отправными точками для новых исследований. Ваши аплодисменты, которыми вы меня так часто и щедро награждали, говорят о том, что мое выступление было успешным.

В заключение позвольте мне поблагодарить Вас за любезность и внимание, и уверить Вас в том, что я никогда не забуду, что мне выпала великая честь выступать перед столь уважаемой аудиторией, о том с каким удовольствием я представлял результаты своего труда перед выдающимися людьми, среди которых находятся те, в чьих работах много лет назад я нашел вдохновение и непреходящее удовольствие.

4

О СВЕТЕ И ДРУГИХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЯВЛЕНИЯХ*

ВВЕДЕНИЕ — НЕКОТОРЫЕ МЫСЛИ О ГЛАЗАХ

Когда мы смотрим на мир вокруг нас, на Природу, мы восхищаемся ее красотой и величием. Каждая вещь, которую мы воспринимаем, даже если она бесконечно мала, олицетворяет собой отдельный мир. Любая вещь, как и вселенная — это материя и энергия, подвластные закону, это мир, созерцание которого наполняет нас ощущением чуда, и неизбежно побуждает к непрестанным размышлениям и исследованиям. Однако среди этого огромного мира, среди вещей, которые наши чувства открывают перед нами, самым великолепным, самым привлекательным для нашего воображения, несомненно, является высокоразвитый организм — мыслящее существо. Если есть что-нибудь, в полной мере способное заставить нас восхищаться искусством Природы, то именно это непостижимое создание, бесчисленными действиями отвечающее внешним влияниям. Человек всегда хотел понять, как он устроен, всегда стремился глубже проникнуть в тайны природной мастерской — это было вожделенной целью многих мыслителей. И вот после многих веков напряженных исследований человек пришел к достаточно ясному пониманию того, как функционируют его Органы и чувства. А среди всей гармонии частей, формирующих материальную, или осязаемую составляющую нашего бытия, среди всех органов и чувств, самым удивительным является глаз. Это самый ценный, самый необходимый орган среди всех наших органов восприятия. Глаз — это огромные ворота, через которые знания поступают в наш мозг. Как ни один другой орган, он состоит в наиболее тесной связи с тем, что мы называем интеллектом. Глубина этих отношений настолько велика, что мы часто даже говорим, что в глазах отражается душа.

Теория функционирования глаза предлагает нам, и мы будем воспринимать это как факт, что при каждом внешнем воздействии, то есть при каждом проецировании изображения на сетчатку глаза, окончания глазных нервов, предназначенных для передачи этого воздействия мозгу, приходят в состояние особого рода возбуждения, или в состояние вибрации. Данное утверждение не кажется невероятным потому, что даже тогда, когда мы создаем некий образ в своем воображении, то срабатывает определенный рефлекс, пусть даже очень слабый, который воздействует на строго определенные окончания глазных нервов и, следовательно, на сетчатку глаза. Будут ли когда-нибудь в нашем распоряжении оптические, или иные средства, при помощи которых мы могли бы анализировать условия возникновения раздражения сетчатки глаза, возникающие под воздействием мысли или рефлекторного движения — вот вопрос, на который хотелось бы получить ответ? Если бы это стало возможным, тогда мы смогли бы читать мысли человека так же точно, как буквы в открытой книге, что позволило бы решить множество проблем, относящихся к области прикладной медицины, и на что искренне надеются если не многие, то большинство ученых. Гельмгольц показал, что глазное дно само по себе излучает свет, и смог увидеть в условиях полной темноты движение собственной руки в свете своих глаз. Это один из наиболее выдающихся экспериментов, отмеченных в истории науки. Возможно, что немногие смогли бы повторить его с удовлетворительным результатом, поскольку, вероятно, свечение глаза связано с необычной деятельностью мозга, и наличием большой силы воображения. Это, если можно так выразиться — свечение самого мозга.

---

* Лекция прочитана в Институте Франклина, Филадельфия, февраль 1893, и в Национальной Ассоциации Электрического Света, Сент-Луис, март 1893.

Другой факт, имеющий непосредственное отношение к данной теме, который вероятно, уже отмечался многими с тех пор, как приобрел популярное выражение, но который я не могу воссоздать в памяти в хронологическом порядке и представить как результат наблюдений — это то, что в момент, когда неожиданная идея, или образ возникают в мозгу, то в глазах появляется определенное и иногда болезненное ощущение блеска, которое можно наблюдать в условиях сумерек.

Слова, что душа отражается в глазах, имеет глубокий смысл, и мы чувствуем, что в нем выражена великая истина. Это имеет глубокий смысл даже для людей, которые подобно поэтам и художникам руководствуются исключительно своим врожденным инстинктом, или любовью к Природе, находят наслаждение в бесцельных размышлениях и в простом созерцании природных явлений. Однако еще больше это значит для тех, кто в духе позитивного научного исследования старается познать первопричины явлений. В основном это естествоиспытатели, физики, для которых глаз является предметом наибольшего восхищения.

Я позволю себе привести два факта, имеющих непосредственное отношение к глазу, дабы напомнить физикам, которые считают, или утверждают, что глаз — это всего лишь несовершенный оптический инструмент, забывая при этом, что почти все свои представления о совершенном, или о том, что им кажется таковым, они получили благодаря именно этому инструменту. Первое: насколько современное состояние научных знаний позволяет судить, глаз — это единственный орган, который подвергается непосредственному воздействию едва уловимой среды, которая, как нас учит наука, должна заполнять все пространство. Второе: глаз — это наиболее чувствительный из всех наших органов, он несоизмеримо более чувствителен к внешнему воздействию, нежели другие.

Орган слуха воспринимает воздействие тел, имеющих массу; орган обоняния — воздействие переносимых частичек материи; органы вкуса и осязания — непосредственный контакт, или как минимум вмешательство веществ, имеющих массу. Все это в равной мере относится даже к тем живым организмам, у которых эти органы развиты до высшей степени совершенства. Но удивительно то, что только орган зрения способен возбуждаться от того, что другие органы не способны распознать. Помимо того, что этот орган играет значительную роль во всех проявлениях природных явлений, он передает энергию, поддерживает любое движение и, что сложнее всего, жизнь, и при этом обладает такими свойствами, что даже многоопытный ум ученого не может помочь сформулировать различие между ним и тем, что называется материей. Даже если принять во внимание только это, и тот факт, что глаз, благодаря своей удивительной мощи, раздвигает узкие границы нашего восприятия далеко за пределы нашего маленького мира, и позволяет объять мириады других миров, солнц и звезд в бесконечных просторах вселенной, то этого достаточно для осознания, что это орган высшего порядка, однако, как он работает — для нас пока еще остается загадкой. Насколько нам известно, Природа никогда не производила что-либо более удивительное. Анализируя и сравнивая то, что он делает, мы можем составить только слабое представление о его необыкновенных возможностях. Когда волны воздействуют на человеческое тело, они вызывают тепло или холод, приятное ощущение или боль, или, возможно, другие ощущения, о которых мы еще не знаем. Ощущения бывают разной силы, а поскольку уровней интенсивности ощущений существует великое множество, то и количество различных ощущений уходит своим числом в бесконечность. Мы не можем дифференцировать наше чувство осязания, или чувство силы по величине, или по интенсивности, за исключением тех случаев, когда они очень велики. Сейчас мы уже можем представить себе, как живой организм, такой как человеческий, в процессе эволюции, или, говоря более философским языком, в процессе адаптации к природе, вынужденный использовать, к примеру, только чувства осязания или силы, смог бы развить эти чувства до такой степени чувствительности или совершенства, что был бы способен даже на некотором расстоянии определять мельчайшие изменения в температуре тела — сотую, тысячную и даже миллионную часть градуса. Но даже это совершенно невероятное качество, не входит ни в какое сравнение с возможностями глаза, способного различать и мгновенно передавать мозгу бесчисленные отличительные свойства тела, будь то форма, цвет, или любое другое.

Эта способность глаза зиждется на двух вещах: прямолинейность распространения возбудителя, благодаря которому и происходит возбуждение, а также чувствительность. Сказать, что глаз чувствительный, значит не сказать ничего. По сравнению с ним все остальные органы чудовищно грубы. Разумеется, орган обоняния, который ведет собаку по следу оленя, орган осязания, или силы, который управляет насекомым в его блужданиях по свету, орган слуха, который реагирует на самые незначительные колебания воздуха — все они чувствительные органы, но что они могут по сравнению с человеческим глазом? Не вызывает сомнения факт, что, глаз реагирует на самое слабое эхо, или реверберацию среды, а также несомненно то, что он несет нам вести из внешних, бесконечно далеких миров на языке, который мы до сих пор не можем понять. Но почему? Потому, что мы живем в среде, наполненной воздухом и другими газами, парами и веществами с плотными массами, твердыми частичками, летающими вокруг нас. Их роль исключительно велика: они тратят по пустякам энергию вибрации еще до того, как она может достигнуть глаза, являются переносчиками разрушительных бактерий, попадают в наши легкие и другие органы, засоряют каналы и незаметно, но неуклонно делают все, чтобы сократить нам жизнь. Если бы мы смогли убрать с линии обзора телескопа вещества, обладающие массой, то это открыло бы перед нами немыслимые чудеса. Я думаю, что даже невооруженный глаз в чистой среде смог бы различать небольшие объекты на расстоянии, измеряемом сотнями, а возможно и тысячами миль.

Однако есть кое-что, еще более впечатляющее, нежели эти удивительные свойства глаза, рассмотренного исключительно как оптический инструмент и с точки зрения физика; то, что впечатляет нас больше, чем его удивительная способность реагировать на вибрацию среды без участия плотных веществ, и больше, чем его невероятная чувствительность и способность к распознаванию объектов — это его значимость для поддержания жизни. Вне зависимости от того, как относится человек к природе, или к жизни, он будет изумлен, когда впервые осознает, насколько важна роль глаза для физической и умственной деятельности человеческого организма. А разве может быть иначе, если человек поймет, что глаз — это средство, благодаря которому род человеческий получил те знания, которыми обладает сейчас, что именно он контролирует все наши движения и, более того, наши действия.

Нет иного пути получения знаний, кроме как при помощи глаза. Что составляет основу всех древних и современных философских систем, фактически всей философии человечества? Я существую, я мыслю; я мыслю, значит я существую. Но как я могу думать и как я могу знать, что я существую, если у меня нет глаз? Для знания необходимо понимание, для понимания — идеи, концепции, для концепций — образы или изображения, для изображений — чувство зрения, и следовательно — орган зрения. "А как же слепые люди?", — Вы спросите. Да, слепые люди могут отображать в великолепных поэмах формы и сцены из реальной жизни, из мира, который они не видят физически. Слепые люди могут пользоваться инструментами с безошибочной точностью, могут моделировать самые быстроходные суда, могут делать открытия и изобретать, считать и конструировать, могут делать еще более удивительные вещи, но все слепые люди, которые могли делать такое, до того как стать слепыми, были зрячими. Природа может добиться того, или иного результата различными путями. Подобно волне в физическом мире, в безбрежном океане среды, распространенной повсюду, так и в мире живых организмов, то есть в жизни, возникший импульс начинает свое поступательное движение вперед. Иногда он летит со скоростью света, а иногда движется так медленно, что кажется как будто он замер на многие столетия, проходя через процессы такой сложности, которые недоступны пониманию человеческого разума. Однако во всех формах и на всех стадиях его энергия непременно присутствует как неотъемлемая часть всех процессов. Единственный луч света обрушивается на человеческий глаз как тиран во времена далекого прошлого, который мог изменить всю жизнь человека, изменить судьбу целых наций, изменить ландшафт на планете — настолько замысловаты и сложны процессы, происходящие в Природе. Мы не можем объяснить столь ошеломляющую гипотезу величия Природы кроме как законом сохранения энергии, которому подчиняется все и во всем бесконечном пространстве. Согласно этому закону, силы находятся в постоянном равновесии, и, следовательно, энергия единственной мысли может вызвать движение Вселенной.

Совершенно необязательно, чтобы каждый индивидуум во всех, или во многих поколениях, физически обладал бы инструментом зрения для того, чтобы он мог формировать образы и думать, то есть формировать идеи и концепции. Но время от времени в процессе эволюции у него непременно должен появляться глаз. Иначе, как нам представляется, невозможно было бы появление других мыслей, как и других концепций, таких как: дух, интеллект, разум]— называйте их как хотите. Вполне возможно, что в каких-то других мирах есть живые существа, у которых функции глаза выполнят другой орган с такими же или более совершенными свойствами, но эти существа не могут быть людьми.

Что сейчас побуждает всех нас к совершение каких-либо сознательных действий, или движений? Если я осознаю свое действие, то у меня должна быть идея, или концепция, то есть образ, и как следствие — глаз. Если я не вполне осознаю свое действие, то это происходит потому, что образы неясны, или неопределенны — затуманены вследствие наложения многих образов. Но когда я совершаю то, или иное действие, импульс, побуждающий меня к этому, поступает изнутри меня, или извне? Величайшие физики не считали ниже своего достоинства постараться дать ответ на этот и на подобные вопросы, и время от времени не отказывали себе в удовольствии пускаться в отвлеченные и пространные рассуждения. Возможно, что г-н Гельмгольц больше других ученых размышлял о жизни. Лорд Кельвин выразил уверенность, что жизненный процесс имеет электрическую природу, а любой живой организм обладает некой силой, которая и определяет его движения. По моему твердому убеждению, насколько я могу быть убежден в истинности любого физического явления, побуждающий импульс должен поступать извне. Представьте себе простейший из известных нам организмов, состоящий всего лишь из нескольких клеток, а возможно имеются в Природе еще более простые организмы. Если бы такой организм был способен на осмысленные действия, то он мог бы совершать бесчисленное множество совершенно определенных и точных действий. Но в данном случае механизм, состоящий из небольшого количества компонентов, не может совершать бесчисленное множество определенных действий. Следовательно импульсы, которые управляют его движениями, должны поступать из окружающей среды. Таким же образом атом, следующий элемент структуры Вселенной, постоянно мечется в пространстве под воздействием внешних сил, как лодка в бушующем море. Если бы он остановил свое движение, то он бы умер. Тело, находящееся в состоянии покоя, если такое вообще существует — мертвое вещество тело. Смерть тела! Никогда еще не произносилась фраза, имеющая более глубокий философский смысл. Именно таким образом сформулировал это профессор Дюар в описании своих экспериментов, где он проводил операции с жидким кислородом как с водой, а воздух при обычном давлении посредством замораживания конденсировал и даже приводил в твердое состояние. Эксперименты, которые, как он сам выразился, были призваны продемонстрировать последний трепет жизни перед смертью. В рамках бесконечной вселенной не бывает смерти тела — все вынуждено двигаться, вибрировать, а значит жить.

Я позволил себе предшествующие высказывания, рискуя ступить на почву метафизики потому, что хотел представить предмет данной лекции в форме, которая сделала бы ее небезынтересной для всех, смею надеяться, что и для аудитории, перед которой я имею честь выступать. А сейчас, возвращаясь к предмету лекции: к этому божественному органу зрения, к незаменимому инструменту размышления и интеллектуального наслаждения, который служит еще и для того, чтобы открывать перед нами чудеса этого мира. Именно ему мы обязаны знаниями, которыми обладаем. Он побуждает нас к физической и умственной деятельности и одновременно контролирует ее. Но что на него воздействует? Свет! А что такое свет?

Мы с вами были свидетелями больших успехов во всех областях научной деятельности, достигнутых за последние годы. Эти достижения оказались настолько выдающимися, что мы не можем удержаться от вопроса: а правда ли все это, или это сон? Много веков назад люди жили, думали, исследовали, изобретали и верили, что стремительно взмывают ввысь, тогда как они всего лишь продолжали ползти со скоростью улитки. Так и мы можем заблуждаться. Но воспринимая эти достижения как потенциальные научные факты мы должны радоваться достигнутому колоссальному прогрессу, и, судя по возможностям, открывающимся перед

современной наукой, еще больше тому, что будет.

Мы с вами были свидетелями достижения, которое, несомненно, доставит большое удовольствие всем любителям прогресса. Это не открытие, не изобретение и не достижение в какой-либо определенной области. Это огромный шаг вперед во всех областях научной деятельности одновременно, как теоретических, так и экспериментальных. Я имею в виду обобщение природных сил и явлений, которое уже наметило контуры определенной идеи, вырисовывающейся на научном горизонте. Это именно та идея, которая с незапамятных времен занимает самые прогрессивные умы, и к которой я намерен привлечь Ваше внимание. Ее я собираюсь продемонстрировать в самом общем виде в своих экспериментах, как первый шаг на пути к ответу на вопрос: "Что такое свет?" и представить его в современном значении этого слова.

Подробно останавливаться на феномене света не входит в планы моей лекции. Моей целью является обратить Ваше внимание на определенные классы световых эффектов, на некоторые явления, обнаруженные при изучении этих эффектов. Однако, чтобы быть последовательным в своих замечаниях, необходимо отметить, что в соответствии с концепцией, к настоящему времени оцененной большинством ученых как положительный результат теоретических и экспериментальных исследований, различные формы проявления энергии, которые в целом попадают под определение "электрическая энергия", или, более точно "электромагнитная энергия", представляют собой проявления энергии, имеющие ту же природу, что и инфракрасное излучение, а также свет. Следовательно, световые, тепловые и другие явления, можно назвать электрическими. Таким образом, наука об электричестве становится базовой для остальных наук, а исследования в этой области имеют важность для всех. День, когда мы точно узнаем, что такое есть "электричество" будет историческим, а значение его, возможно, будет превосходить все другие события, отмеченные в истории человечества. Это время наступит тогда, когда комфорт, жизнедеятельность, а может быть, даже само существование человеческой цивилизации будут зависеть от этого поразительного фактора. Для поддержания жизнедеятельности и комфорта нам необходимы тепло, свет и механическая энергия. Как мы сейчас все это получаем? Мы получаем их из топлива, и путем потребления различного сырья. Что будут делать люди, когда исчезнут леса, когда истощаться угольные запасы? Исходя из современных научных знаний, человечеству останется только один выход — передавать энергию на большие расстояния. Люди пойдут к водопадам, к приливным и отливным волнам, которые содержат в себе мизерную часть безмерной природной энергии. Там они будут укрощать энергию и передавать ее в населенные пункты для обогрева домов, освещения, и для того, чтобы заставлять работать своих послушных рабов — машины. Но как они будут передавать эту энергию, если не посредством электричества? Посудите сами, будут ли комфорт, и даже само существование человека зависеть от электричества, или нет? Я вполне отдаю себе отчет в том, что этот взгляд не является точкой зрения практического инженера, но он также не является точкой зрения фантазера, поскольку несомненно, что передача энергии, которая на сегодняшний день является не более чем побудительным мотивом к смелым действиям, в один из дней превратится в жесткую необходимость.

Данная лекция имеет еще более важное значение для студентов, изучающих свет как явление, поскольку предоставляет возможность всесторонне ознакомиться с определенными современными точками зрения, отличающимися от тех, которые он почерпнет из множества книг, посвященных данной теме. Поэтому, я постараюсь приложить все усилия, чтобы в серии экспериментов донести эти взгляды до умов жаждущих знаний студентов, пусть даже для небольшого их числа.

Для этих целей было бы достаточно продемонстрировать простой и хорошо известный эксперимент. Я мог бы взять известное устройство, Лейденскую банку, зарядить ее при помощи электростатической машины трения, а затем разрядить. Далее, объясняя ее состояние при зарядке, условия передачи энергии при разрядке, заостряя внимание на силы, которые принимают участие в процессах, и на различные явления, которые они создают, а также подчеркивая взаимоотношения сил и явлений, я вполне мог бы добиться наглядного

представления этой современной концепции.

Но это должна быть экспериментальная демонстрация, которая помимо содержательных включала бы в себя и занимательные моменты, благодаря которым, как, например, в вышеупомянутом случае, лектор добивается поставленной цели. Поэтому я вынужден прибегнуть к иному способу представления, несомненно, более эффектному, но при этом, пожалуй, более информативному. Вместо электростатической машины трения и лейденской банки я воспользуюсь в своих экспериментах индукционной катушкой с определенными характеристиками, которую я подробно описал в лекции перед Лондонским Институтом Инженеров Электротехников в 1892 году. Эта индукционная катушка способна вырабатывать разность потенциалов огромной величины, которые изменяются с исключительно быстрой частотой. При помощи этого аппарата я намереваюсь показать три совершенно определенных класса эффектов, или явлений, и мне хотелось бы, чтобы каждый эксперимент помимо демонстрации уже известных явлений, в то же время научил бы нас чему-нибудь новому, или преподнес бы какие-нибудь новые аспекты этой интереснейшей науки. Но до этого мне

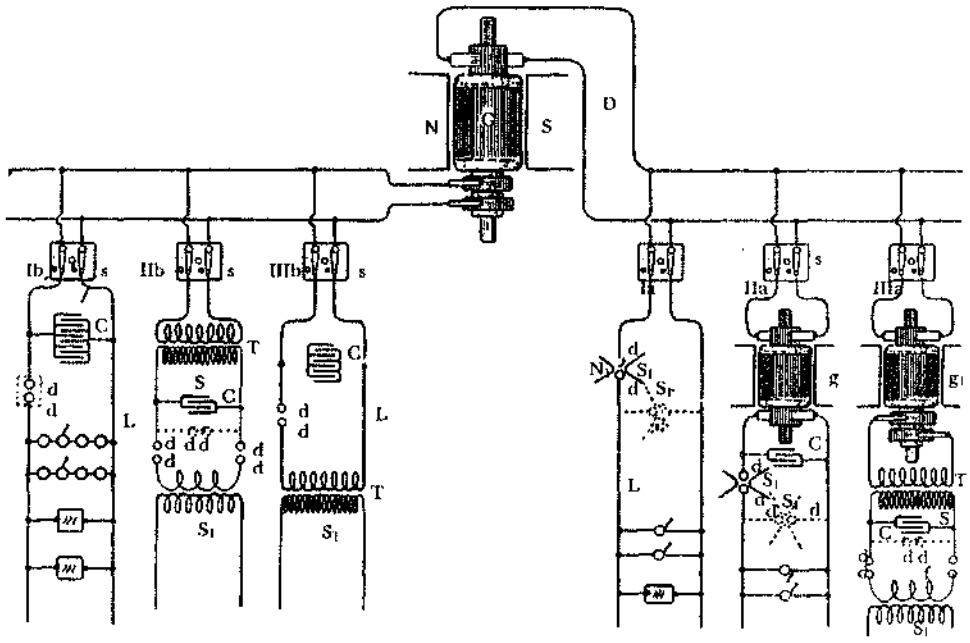


Рис. 1.

представляется правильным и полезным остановиться на описании устройства аппарата и на методе получения токов с высокой разностью потенциалов и высокой частоты, которые применяются в данных экспериментах.

ОБ УСТРОЙСТВАХ И МЕТОДАХ КОНВЕРСИИ

Ток высокой частоты получается довольно своеобразным образом. Использованный метод я продемонстрировал двумя годами раньше на экспериментальной лекции перед слушателями Американского Института Инженеров-Электротехников. В лабораторных условиях использовались несколько методов для получения такого тока из постоянного, либо из переменного тока низкой частоты. На Рис. 1. представлена данная схема, которую я опишу позже более детально. В целом, план состоял в том, чтобы зарядить конденсаторы от источника прямого или переменного тока (предпочтительно высоковольтного), разрядить их посредством пробивного разряда и пронаблюдать за хорошо известными условиями, необходимыми для поддержания колебаний тока.

С точки зрения общего интереса, проявляемого к высокочастотному току и эффектам,

производимых им, мне кажется целесообразным подробно остановиться на этих методах преобразования тока. Для того чтобы представить Вам четкую идею этого действия, предположим, что задействован подходящий генератор постоянного тока. Это означает, что генератор может выдавать ток с таким высоким напряжением, чтобы обеспечивать пробой небольшой прослойки воздуха. Если же этого не происходит, то прибегают к вспомогательным Средствам, некоторые из которых будут представлены позднее. Когда заряд конденсаторов Достигает определенной величины, происходит пробой воздушной прослойки, или изолирующего пространства. Затем возникает скачок тока и расходуется большая часть накопленной электрической энергии. Вслед за этим конденсаторы быстро заряжаются, и этот Процесс повторяется в более или менее быстрой последовательности. Чтобы произошел такой скачок тока, должны соблюдаться некоторые условия. Понятно, что если скорость, с которой конденсаторы разряжаются, равна той, с которой они заряжаются, то конденсатор работать не будет. Если скорость, с которой конденсатор разряжается, меньше чем та, с которой он заряжается, то мощность конденсатора будет несущественна. Но если, наоборот, скорость разрядки конденсатора будет больше скорости его зарядки, будет получаться скачок тока. Очевидно, что если скорость, с которой энергия растрачивается при разряде конденсатора, намного превосходит ту, с которой она восполняется конденсатором, то скачки тока будут сравнительно небольшими, и будут происходить через значительные промежутки времени. Так происходит всегда, когда конденсатор значительной мощности заряжается от сравнительно небольшой машины. Если скорость подачи и скорость расходования тока не сильно отличаются друг от друга, а скачки тока будут быстро следовать один за другим, то эти скорости будут все более и более уравниваться до пределов, характерных для каждого определенного случая и зависящего от числа произошедших скачков тока. Таким образом, мы может получить от генератора постоянного тока такую быструю последовательность разрядов, какую пожелаем. Конечно, чем выше напряжение генератора, тем меньшей емкости конденсаторы можно использовать. Поэтому, предпочтительно использовать генератор с очень большим напряжением. Кроме того, такой генератор позволяет большую частоту колебаний.

При соблюдении вышеописанных условий, скачки тока могут иметь одно направление, но в большинстве случаев возникает колебание, которое накладывается на основные колебания тока. Когда созданы такие условия, при которых не возникает осцилляции, то импульсы тока получаются однонаправленными, что обеспечивает преобразование данного тока высокого напряжения в постоянный ток низкого напряжения. Я думаю, это может найти себе применение на практике.

Этот метод преобразования тока чрезвычайно интересен, и я был поражен его красотой, когда он впервые получился. В определенных отношениях метод идеален. Для него не требуется никаких механических устройств, он позволяет получать ток любой частоты из обычного тока, постоянного или переменного. Частота основных разрядов зависит от относительной скорости подачи тока и его расходования, и может легко варьироваться в широком диапазоне простой регулировкой этих параметров. Частота наложенных колебаний регулируется изменением емкости конденсаторов, величиной самоиндукции и сопротивлением цепи. И вновь напряжение тока можно поднимать до величин, которые могут выдержать изоляционные материалы, комбинируя величины емкости и самоиндукции, либо индукцией во вторичной обмотке, которая должна состоять всего из нескольких витков проволоки.

Поскольку часто возникают условия, при которых прерывания, или колебания не могут устанавливаться самостоятельно, особенно при использовании источника постоянного тока, это дает возможность подключить к схеме прерыватель, оснащенный электрической дугой, и использовать его, как я показывал уже несколько лет назад, в качестве вентилятора, магнита, или иного устройства.

Магнит существенно облегчает преобразование постоянного тока и делает это очень эффективно. Как я уже отмечал ранее, в ситуации, когда в качестве источника электрической энергии используется генератор переменного тока, желательно, чтобы частота тока была

низкой, а сила тока, образующего дугу, высокой. При этом магнит будет работать более эффективно.

Внешний вид такого разрядника с магнитом, который был признан удобным, и после нескольких испытаний был принят для преобразования постоянного тока, изображен на Рис. 2. На этом рисунке, *N u S* являются полюсами очень прочного магнита, который возбуждается катушкой *C.* Для удобства регулировки им придали заостренную форму, а винтами *s Sj* могут быть закреплены в любом положении. Разрядные стержни *d dj,* утонченные на концах для того, чтобы обеспечивать более точное сближение полюсов магнита, вставляются в латунные опоры *b bj* закрепляются в выбранном положении винтами S_2S_2 . Пружины rr_1 и втулки *C* C_1 могут скользить по стержням. Они служат для установки стержней на определенном расстоянии посредством винтов *S3 S3,* а также для регулировки положения полюсов

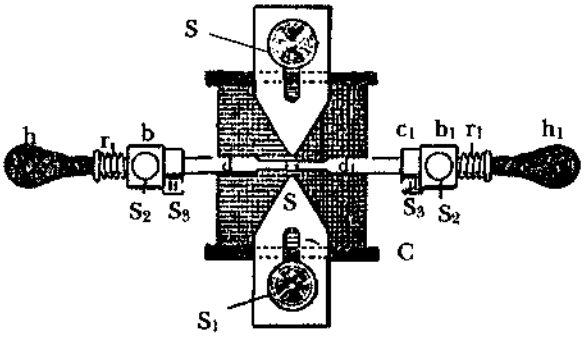


Рис. 2.

относительно друг друга. Для того, чтобы создать электрическую дугу, одну из больших резиновых ручек *h hj* быстро толкают рукой, в результате чего концы стержней контактируют друг с другом, но затем немедленно возвращаются в исходное положение пружинами rr_1. Такой механизм часто просто необходим, а именно в случаях, когда ЭДС недостаточно велика для передачи разряда через зазор, а также когда желательно избегать короткого замыкания генератора в результате соприкосновения металлических контактов стержней. Скорость прерываний тока с помощью магнита зависит от интенсивности магнитного поля и от разности потенциалов на концах дуги. Прерывания обычно производятся с такой частотой, чтобы получился музыкальный звук. Несколько лет назад было замечено, что когда мощная индукционная катушка разряжается между полюсами сильного магнита, процесс сопровождается громким звуком, похожим на звук от выстрела небольшого пистолета. Оставалось неясным, почему сила искр увеличивалась при появлении магнитного поля. Теперь понятно, что ток разрядки, протекающий в течение некоторого времени, многократно прерывается магнитом, тем самым вызывая звук. Феномен особенно заметен, когда поле тока большого магнита или динамо-машины сталкивается с сильным магнитным полем.

Когда ток, протекающий через изолирующий зазор достаточно велик, он позволяет скользить по концам разрядных стержней кусочкам очень прочного углерода и дает возможность играть электрической дуге между этими кусочками углерода. Это сохраняет металлические стержни, а кроме того позволяет воздушной прослойке оставаться нагретой, так как углерод плохо проводит тепло. В результате для поддержания последовательности разрядов требуется меньшая ЭДС в пространстве дуги.

Другой тип разрядного устройства, который может быть применен в некоторых случаях, показан на Рис. 3. В данном случае стержни *ddj* проходят через отверстия деревянной коробки *B,* которая изнутри густо покрыта слюдой, что обозначено жирной линией. Отверстия снабжены слюдяными трубками *m* m_1 определенной толщины, которые не должны находиться в контакте со стержнями *d dj.* Коробка снабжена крышкой *C* немного большего размера, боковые стенки которой наклонены к внешним сторонам ящика. Место, где возникают искры,

нагревается маленькой лампой l, находящейся в ящике.

Пластина "р", расположенная выше лампы позволяет тяге воздуха проходить только через воздуховод *в.* Воздух, поступающий через отверстия *0 01,* или через нижнюю стенку коробки следует путем, показанным стрелками. Когда разрядник приведен в действие, дверца коробки закрыта так, что свет дуги не виден снаружи. Желательно, насколько это возможно, сделать свет невидимым снаружи, так как он создает помехи в некоторых экспериментах. Этот тип разрядника прост и очень эффективен при умелом с ним обращении. Воздух нагревается до определенной температуры, его изолирующие свойства ухудшаются и он становится слабым диэлектриком. Вследствие этого, электрическая дуга может возникать на значительно большем расстоянии. Конечно, дуга должна быть достаточно изолирована, чтобы разряд, проходящий через изолирующее пространство, был именно пробивной разряд. Образующаяся в таких условиях дуга может оказаться очень чувствительной и слабого тока воздуха через воздуховод лампы С может оказаться достаточно для получения быстрых прерываний. Корректирование результатов достигается путем изменения температуры и скорости протекающего воздуха. Достичь обеспечения тяги теплого воздуха можно и другими способами, без использования лампы. Очень простым способом, часто применяемым на практике, является заключение дуги в длинную вертикальную трубку с пластинками сверху и снизу для регулирования температуры и скорости воздушного потока. Необходимо также предпринять некоторые меры для приглушения звука.

Разрежение также сильно влияет на ослабление диэлектрических свойств воздуха. Разрядники подобного типа я использовал в сочетании с магнитом. Для этих целей бралась большая трубка с тяжелыми электродами из углерода или металла, между которыми происходил разряд. Трубка помещалась в сильное магнитное поле. Когда разрежение, возникающее в трубке достигало определенной точки, то разряд происходил легко, но давление воздуха при этом должно было быть больше обычных 75 мм. рт. ст. В другом типе разрядника,

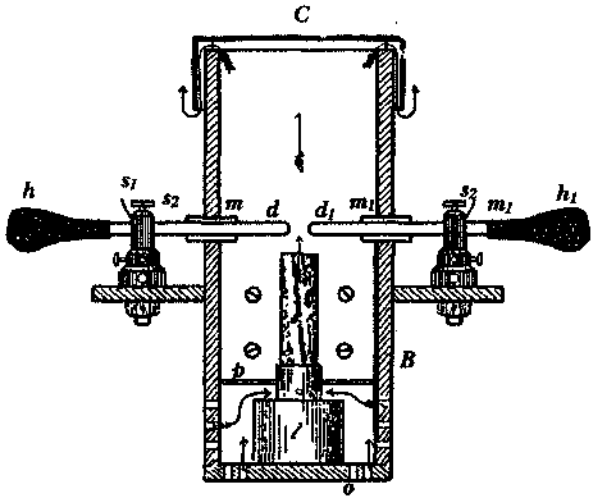


Рис. 3.

обладающего всеми вышеупомянутыми свойствами, разряд получается при прохождении между двумя регулируемыми магнитными полюсами. При этом температура пространства между ними сохраняется повышенной.

Здесь следует заметить, что когда используется такое или любое другое прерывающее устройство и ток проходит через первичную обмотку пробивной разрядной катушки, то как правило, не целесообразно получать число прерываний тока в секунду больше чем естественная частота колебаний динамо-машины, поставляющей ток, и который обычно невелик.

Следует также заметить, что несмотря на то, что устройства, упоминаемые в связи с пробивным разрядом, удобны для использования при определенных условиях, тем не менее, иногда они могут вызывать определенные сложные, поскольку вызывают перебои колебаний, а также другие нарушения, которые следует устранять.

К сожалению в этом красивом методе преобразования тока есть недостаток, который к счастью, не является жизненно важным, и который постепенно устраняется. На мой взгляд, лучшей формой привлечения внимания к этому недостатку и описания плодотворного способа борьбы с ним, будет сравнение электрического процесса с его механическим аналогом. Описать этот процесс можно следующим образом. Представим себе резервуар с широко раскрывающимся дном, которое закрыто благодаря давящей пружине. Но оно внезапно и резко раскрывается, как только жидкость в резервуаре достигает определенной высоты. Дадим жидкости попасть с определенной скоростью в резервуар через подающую трубу. Когда жидкость достигнет критической высоты, пружина поддается и дно резервуара открываемся. Жидкость немедленно проваливается в широкое отверстие, а пружина вновь закрывает дно. Резервуар вновь заполняется и через определенный интервал времени процесс повторяется. Понятно, что если через трубу жидкость поступает быстрее, чем способно вытечь через дно, оно будет закрыто, и резервуар будет оставаться переполненным. Если скорости подачи и вытекания равны, дно будет оставаться частично открытым. Никаких колебаний столба жидкости при этом не произойдет, хотя это и возможно, если предпринять некоторые меры. Но если входная труба подает жидкость недостаточно быстро, будут наблюдаться колебания. В этом случае всякий раз, когда крышка открывается или закрывается, пружина и столб жидкости, при достаточной гибкости пружины и инертности движущихся частей, будут вызывать независимые колебания. В этой аналогии жидкость можно уподобить электричеству или электрической энергии, резервуар — конденсатору, пружину — диэлектрику, а трубу — проводу, через который электричество поступает в конденсатор. Чтобы сделать эту аналогию совершенно полной, следует предположить, что дно при каждом его открывании, очень сильно ударяется об неэластичную преграду. Этот удар сопровождается потерей некоторого количества энергии, а кроме того происходит некоторое рассеивание энергии из-за фрикционных потерь. По предыдущей аналогии предполагается, что жидкость находится под постоянным давлением. Если предположить, что наличие жидкости в резервуаре ритмически изменяется, можно провести аналогию с переменным током. Процессы не могут считаться совершенно идентичными, но в принципе действие одинаково.

Для того чтобы сделать вибрацию экономичной, желательно, насколько это возможно, снизить ударные и фрикционные потери. Что касается последних, которым в электрической аналогии соответствуют потери из-за сопротивления цепей, то избежать их полностью невозможно, но их можно свести к минимуму соответствующим выбором размеров цепей и применением тонких проводников в форме крученых жил. Но потери энергии, вызываемые первым пробоем диэлектрика и которые в приведенном выше примере соответствуют сильному удару дна об неэластичную преграду, необходимо избегать. В момент пробоя воздушный зазор имеет очень высокое сопротивление, которое можно снизить до очень маленькой величины следующим образом: по мере увеличения силы тока, увеличивать температуру воздуха. Потери энергии должны значительно уменьшиться, если поддерживать температуру воздушного зазора очень высокой, но в таком случае не будет происходить пробивного разряда. Умеренно нагревая пространство лампой или иным способом, мы существенно увеличим экономичность, связанную с образованием дуги. Использование магнита, или другого прерывающего устройства не снизит потерь энергии в дуге. Подобно тому, как струя воздуха только облегчает выход энергии. Воздух или газ вообще, в этом отношении ведет себя странно. Когда два тела заряжаются до очень высоких значений разности потенциалов, затем происходит пробивной разряд через воздушный зазор, то в этот момент по воздуху может распространяться любое количество энергии. Очевидно, далее эта энергия гасится материальными частицами; в результате столкновений и взаимного влияния молекул друг на друга. Обмен молекулами в пространстве происходит с невообразимой скоростью.

Когда происходит мощный разряд между электродами, они могут оставаться совершенно холодными, а потери энергии в воздухе могут достигать любых размеров. Вполне реально при большой разности потенциалов рассеять в пространство некоторую мощность через разрядную дугу так, что температура электродов не повысится. Практически все фрикционные потери энергии происходят в воздухе. Если не допускать обмен молекул в воздушной среде, например, поместить газ в герметически закрытый сосуд, то можно быстро довести газ внутри сосуда до высокой температуры даже при очень маленьком разряде. Трудно оценить, насколько много энергии теряется в звуковых волнах, как слышимых, так и неслышимых, при возникновении сильного разряда. Когда ток, проходящий через пространство между электродами велик, они могут быстро нагреться, но это не позволяет надлежащим образом измерить потери энергии в дуге, поскольку потери энергии, проходящей через зазор, могут быть сравнительно малы. Несомненно, что воздух или газ вообще, по крайней мере, при обычном давлении не являются лучшей средой, в которой может происходить пробойный разряд. Атмосферный воздух и другие газы, находясь под высоким давлением, больше подходят в качестве среды для зазора. Я провел длительные эксперименты в этом направлении. К сожалению, они тяжело осуществимы из-за трудностей и больших затрат, связанных с получением сжатого воздуха. Но даже если средой, в которой происходит разряд, являются жидкость или твердое тело, некоторые потери имеют место, хотя они и меньше чем в воздухе. На самом деле, неизвестно тело, которое бы не разрушались в дуге. Среди ученых остается открытым вопрос, может ли вообще дуговой разряд происходить в воздухе без отрыва частиц электродов. Я полагаю, что когда ток очень мал, а дуга велика, то относительно большое количество тепла расходуется при разрушении электродов, которые отчасти из-за этого могут оставаться совершенно холодными.

Идеальная среда для разрядного промежутка должна только трескается, а идеальный материал для электродов не должен разрушаться. При маленьком токе, протекающем через разрядный промежуток, наилучшим материалом для электродов является алюминий, но он не годится для большой силы тока. Пробивной разряд в воздухе, или более или менее обычных условиях не представляет собой нечто напоминающее растрескивание. Правильнее было бы сравнить его с прохождение бесчисленного количества пуль через массу, обладающую большой фрикционной устойчивость этому воздействию, что сопровождается значительной потерей энергии. Среда, которая должна только трескаться при электростатическом напряжении, а это возможно в случае абсолютного вакуума, такая как чистый эфир, должна вызывать очень небольшие потери в разрядном пространстве, настолько маленькие, что ими можно пренебречь. Поэтому, по крайней мере, теоретически, растрескивание может произойти в результате очень малого смещения. В продолговатой вакуумной лампе, снабженной двумя алюминиевыми клеммами, действуя с большой осторожностью, я преуспел в получении такого вакуума, что вторичный разряд пробивной разрядной катушки проходил через лампу в виде тонких потоков искр. Любопытно, что разряд полностью игнорировал клеммы и начинался на двух алюминиевых пластинках, которые служили электродами. Такой, почти полный вакуум может поддерживаться в течение очень короткого промежутка времени. Возвращаясь к идеальной среде, представьте для наглядности кусочек стекла или похожего материала, зажатого в тиски и сжимаемого все больше и больше. В определенный момент времени усиливающееся давление заставит стекло треснуть. Потери энергии при разбиении стекла практически ничтожны, хотя сила приложена большая. Теперь представьте, что стекло обладает свойством восстанавливаться после уменьшения давления. Так ведет себя диэлектрик в разрядном пространстве. Но ввиду того, что должны происходить некоторые потери в разрядном пространстве, среда, которая должна быть постоянной, должна пропускать разряд с большой скоростью. В предыдущем примере стекло хорошо закрыто, это означает, что диэлектрик в разрядном пространстве обладает хорошей изолирующей способностью. Когда стекло трескается, то это сигнализирует о том, что среда в разрядном пространстве стала хорошим проводником. Диэлектрик должен очень существенно менять свое сопротивление в зависимости от изменений электродвижущей силы в разрядном пространстве.

Это состояние было достигнуто, но очень несовершенным способом: нагреванием воздуха

до определенной критической температуры, которая зависит от ЭДС, проходящей через разрядное пространство. Но дело в том, что воздух не обеспечивает пробивной разряд, при резких изменениях этого условия. В частности, резкому всплеску тока всегда предшествует слабый ток, который сначала повышается постепенно, а затем относительно быстро. Вот почему период изменения значительно выше, при пробое, например, через стекло, нежели через воздух, или иной материал со схожими диэлектрическими свойствами. Поэтому, в качестве среды для прохождения разряда, предпочтительнее выбирать твердое тело или даже жидкость. Трудносебе представить твердое тело, которое обладает способностью восстанавливаться после растрескивания. Но жидкость, особенно под высоким давлением, фактически обладает свойствами, присущими твердому телу, но при этом не трескается. Следовательно, жидкий изолятор может быть более подходящим диэлектриком, чем воздух. Следуя этой идее, было проведены испытания большого количество различных типов разрядных устройств, в которых использованы такие изоляторы, иногда даже при большем давлении. Мне представляется важным более подробно остановиться на одном из устройств, использованных в эксперименте. Одно из таких разрядных устройств изображено на Рис. 4а и 4Ь. Полый металлический шкив *P* (Рис.4а) закреплен на валу *a,* который вращается со значительной скоростью. Внутри шкива, но не соприкасаясь с ним, расположен тонкий диск h (который для большей наглядности показан толстым). Диск закреплен в прочной резиновой форме, в которую вставлены два металлических сегмента *S S,* с металлическими удлинителями *e e,* в которые

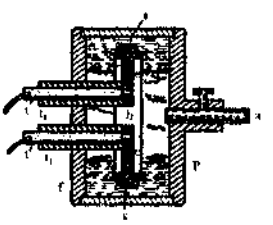


Рис. 4а.

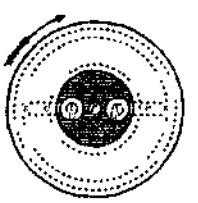


Рис. 4Ь.

ввинчены проводящие клеммы tt, покрытые толстыми трубками из прочной резины tt. Резиновый диск *h* с его металлическими сегментами *S S* обработан на токарном станке и вся его поверхность отполирована так, чтобы исключить любое возможное фрикционное сопротивление при движении в жидкости. В полости шкива находится изолирующая жидкость, которая разлита тонким слоем так, что достигает открытой стороны фланца "f", который плотно ввинчен во внешнюю поверхность шкива. Контакты tt, подключены к противоположным контактам батареи конденсатора так, чтобы разряд проходил через жидкость. Когда шкив вращается, жидкость растекается против обода шкива и ее давление значительно усиливается. Таким простым способом разрядное пространство заполняется средой, поведение которой практически подобно твердому веществу, и которая обладает качеством немедленно заполнять возникающие трещины. Кроме того, она циркулирует через разрядное пространство с большой скоростью. Очень сильные эффекты были получены с использованием разрядных устройств этого типа с жидкостными прерывателями самых разных форм. Как и ожидалось, обнаружилось, что при определенной длине провода получалась искра, длина которой превосходила длину искры в случае, когда в качестве прерывающего устройства использовался воздух. Обычно в типе описанного выше разрядного устройства скорость и соответственно, давление жидкости ограничены по причине трения жидкости. Но практически получаемая скорость более чем достаточна для получения числа прерываний, подходящих для обычно используемых цепей.

В таких случаях металлический шкив *P* снабжался выступами, направленными внутрь, и по

скорости вращения шкива можно было подсчитать получившееся число прерываний. Кроме того, продолжались эксперименты с жидкостями различной изолирующей способности, с целью снизить потери мощности в дуге. Когда изолирующая жидкость умеренно нагревалась, уменьшались и потери мощности в дуге.

В экспериментах с различными разрядными устройствами этого типа была отмечена важная деталь. Например, было обнаружено, что поскольку созданные условия благоприятны для образования искр большой длины, получающийся таким образом ток не лучшим образом подходит для получения световых эффектов. Опыт показал, что для таких целей больше подходит гармоническое повышение и понижение потенциала. Будь то твердое тело, которое раскалено или фосфоресцирует, будь то энергия, передаваемая катушкой конденсатора через стекло, совершенно ясно, что гармоническое повышение и понижение потенциала действует менее разрушительно, а вакуум удерживается более длительное время. Это легко объясняется тем, что идущий в вакууме процесс имеет электролитическую природу.

На схеме, изображенной на Рис. 1, на которую я уже ссылался, проиллюстрированы Наиболее часто встречающиеся на практике случаи. Имеется ток, постоянный или переменный, получаемый от источника электроснабжения. Для экспериментатора в изолированной лаборатории подходит использование описанной выше машины *G,* которая может вырабатывать оба вида тока. Кроме того, предпочтение отдается этой машине потому, что экспериментатор использует большое количество электрических схем, а также потому, что она может оказаться полезной и удобной в случаях, когда требуется менять направление тока в разных фазах эксперимента. На схеме *D* представляет собой цепь прямого, а *A* - цепь переменного тока. В каждой из них показаны три ответвления цепи, каждое из которых снабжено двойным переключателем линии *S S S S S S.* Сначала рассмотрим преобразование постоянного тока; 1a представляет собой простейший случай. Если ЭДС генератора достаточна для пробоя небольшого воздушного пространства, по крайней мере, когда последний нагревается или иным способом понижается его изоляция, то в этом случае не составляет особого труда поддерживать вибрацию с хорошей экономичностью, правильно регулируя емкость, самоиндукцию и сопротивление цепи *L,* содержащей устройства ll m. В этом случае магнит *N S* можно с успехом объединить с воздушным пространством. Разрядное устройство *d d* с магнитом может быть расположено любым из способов, указанных на схеме жирной, или пунктирной линиями. Цепь 1a с соединениями и устройствами предполагает наличие показателей, пригодных для получения и поддерживания колебаний. Обычно ЭДС в цепи или в ответвлении 1a составляет 100 вольт или около того. Этого недостаточно, чтобы произошел пробой через разрядное пространство. Для исправления этого недостатка можно использовать много различных способов, повышая ЭДС через разрядное пространство. Возможно, что простейшим из них является последовательное включение большой катушки самоиндукции к цепи *L.* При возникновении дуги, например, через разрядное устройство, изображенное на Рис. 2, магнит тут же выдует ее. Теперь дополнительный ток разряда с большой ЭДС пробьет пространство и вновь создается путь с низким сопротивлением для прохождения тока от динамо-машины. Это вызовет внезапный всплеск тока, идущего от динамо-машины воздействие тока, идущего из динамо-машины и ослабление возмущение излишнего тока. Этот процесс повторяется очень быстро. Таким образом, мне удалось поддерживать колебания через разрядное пространство на уровне 50 вольт и даже меньше. Но такое преобразование не рекомендуется по причине слишком сильного тока, проходящего через зазор, и возникающего в результате этого нагревания электродов. Кроме того, полученная таким образом частота очень низка из-за высокого уровня самоиндукции, возникающей в цепи. Очень желательно чтобы ЭДС была как можно больше, во-первых для тог, чтобы увеличить экономичность преобразования, а во- вторых, чтобы получить высокую частоту. Конечно, разность потенциалов в этих электрических осцилляциях приравнивается к силе натяжения в механических колебаниях пружины. Чтобы получить очень быструю вибрацию в цепи с некоторой инерцией, необходима большая сила натяжения или разность потенциалов. Между прочим, когда ЭДС очень велика, возникает необходимость в использовании конденсатора,

который обычно используется в цепях, но емкость его должна быть небольшой. Это даст дополнительные преимущества.

Для того, чтобы увеличить ЭДС до значений во много раз превышающих те, которые получают при обычном распределении тока, используют вращающийся трансформатор *g* так, как показано на I la, либо включают другую машину с высокой разностью потенциалов для того, чтобы мотор работал от генератора *G.* Последний способ предпочтителен, так как эти изменения легко внести и применить. Подключения высоковольтных проводов похожи на подключения в ответвлении la, за исключением того, что конденсатор *C,* который должен быть регулируемым, подключен к цепи высокого напряжения. Также в эксперименте обычно используют катушку с регулируемой самоиндукцией, которую последовательно включают в цепь. Когда напряжение тока очень велико, обычно применяют магнит в соединении с разрядным устройством, сравнительно малой мощности. Варьируя размерами цепи легко установить параметры, при которых поддерживаются колебания. Использование постоянной ЭДС в высокочастотных преобразованиях имеет некоторые преимущества по сравнению с использованием переменной ЭДС: более простая регулировка и контроль значений ЭДС. Но, к сожалению, величина ЭДС ограничивается величиной получаемого напряжения. Обмотка также может быть легко повреждена от воздействия искр, которые возникает между частями якоря, или коммутатора при очень большой осцилляции. Кроме того, такие трансформаторы дороги в изготовлении. Как показывает опыт, лучше придерживаться схемы, изображенной на рис. III a. В этом устройстве использован вращающийся трансформатор *g* для преобразования постоянного тока низкого напряжения в переменный низкочастотный ток, преимущественно тоже с низким напряжением. Напряжение тока затем повышается в стационарном трансформаторе *T.* Вторичная обмотка *S* трансформатора подключена к регулируемому конденсатору С, который разряжается через зазор, или разрядник *d d,* и может располагаться одним из указанных на схеме способов. Также как и в предыдущих случаях, ток высокой частоты получают со вторичной обмотки *S* пробивной разрядной катушки. Это, несомненно, самый дешевый и наиболее удобный способ преобразования постоянного тока.

Три ответвления цепи *A* представляют собой часто встречающиеся в практике способы преобразования переменного тока. На Рис. 1b, конденсатор *C,* как правило большой емкости; включен в цепь *L* содержащую устройства / /, *mm.* Предполагается, что устройства *m m* обладают высокой самоиндукцией, для того чтобы передавать частоту тока более или менее схожую с частотой тока динамо-машины. В данном случае разрядное устройство *d d* должно иметь число прерываний в секунду равное удвоенной частоте динамо-машины. Если же этого нет, то, по крайней мере, число прерываний должно быть кратно или равно частоте динамо машины. На Рис. 1b можно увидеть, что преобразование в ток высокого напряжения можно добиться, когда разрядное устройство *d d* исключено из цепи. Но эффекты, получаемые током, резко повышающимся до высоких значений, как в пробойном разряде, существенно отличаются от тех, которые получаются токами, поступающими от динамо-машины, повышающимися и понижающимися гармонически. Например, в данном случае число прерываний могло быть равно удвоенной частоте динамо-машины, или, другими словами, могло иметь такое же число основных колебаний, как если бы они были получены без разрядного пространства. Возможно также, что при этом не возникали бы более быстрые накладные колебания. А поскольку напряжение в разных точках цепи различно, то вряд ли мы найдем два случая, где импеданс и другие явления, которые зависят от частоты изменения, походили бы друг на друга. Таким образом, при работе с токами пробойного разряда, главным элементом, который следует принимать во внимание, является не частота, а скорость изменения в единицу времени. При: низкой частоте в определенных условиях могут быть получены такие же эффекты, как и при высокой частоте, если при этом обеспечена достаточно высокая скорость изменения. Так, если низкочастотный ток возрастает до разности потенциалов, скажем, 75 000 вольт, и ток высокого напряжения проходит через несколько нитей накала, обладающих высоким сопротивлением последовательно соединенных ламп, то важность разреженного газа, окружающего нити накала становится очевидной. Ниже об этом будет рассказано подробней.

Как мы увидим позже, если ток низкой частоты в несколько тысяч ампер проходит через металлический брусок, то наблюдается поразительный феномен импеданса, такой же как и с током высокой частоты. Однако очевидно, что с током низкой частоты невозможно получить такую же скорость изменения в единицу времени, как и с током высокой частоты, следовательно, эффекты производимые последним более заметны. Мне кажется целесообразным сделать несколько предварительных замечаний в отношение недавно описанных эффектов. Совершенно случайно обнаружилось, что большинство этих эффектов происходят также с токами высокой частоты. Частота сама по себе ничего не означает, исключая случаи когда рассматривается не возбужденная гармоническая осцилляция.

В ответвлении цепи ШЬ расположение компонентов схоже с тем, что показано на ответвлении Ib. Различие состоит в том, что ток, разряжающийся через зазор *d d,* используется для индуцирования тока во вторичной обмотке *S* трансформатора *T.* В этом случае вторичная обмотка должна быть снабжена регулируемым конденсатором для ее настройки с первичной обмоткой.

Ответвление цепи IIb представляет собой схему преобразования переменного тока высокой частоты, который используется наиболее часто, и который оказался наиболее удобным в применении. В этой схеме делается акцент на то, что было уже рассмотрено ранее, и описывать их здесь нет необходимости.

Некоторые из этих результатов получены с использованием высокочастотного генератора переменного тока. Описание этой машины я приводил в своем выступлении перед аудиторией Американского Института Инженеров-электриков, а также в периодической печати того периода, в частности в журнале Electrical Engineer от 18 марта 1891 года.

Теперь я перейду к экспериментам.

О ЯВЛЕНИЯХ, ПРОИЗВОДИМЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ СИЛОЙ.

Первый класс эффектов, которые я собираюсь показывать Вам — это эффекты, производимые электростатической силой. Это сила, которая управляет движением атомов, обуславливает их столкновения и порождает энергию тепла и света. Эта сила также служит причиной агрегации атомов бесконечным количеством способов, в соответствии с фантастическими проектами Природы, и образует все те изумительные структуры, которые мы видим вокруг себя. Если наши нынешние представления верны, то это наиболее важная для нас сила в Природе. Как термин, электростатика может подразумевать устойчивое электрическое состояние, но нужно заметить, что в наших экспериментах эта сила не постоянна, она изменяется с частотой, которую можно рассматривать как умеренную — миллион раз в секунду, или около того. Это позволяет мне воспроизвести множество эффектов, которые с силой постоянной величины произвести невозможно.

Когда два токопроводящих тела изолированы и заряжены, мы говорим, что между ними действует электростатическая сила. Эта сила проявляет себя в притяжении, отталкивании и напряжении, возникающих в телах, пространстве, или внешней среде. Напряжение в воздухе, или в другой среде, разделяющей два токопроводящих тела, может быть настолько велико, что может произойти прорыв, и тогда мы видим искры, пучки света, или, как их иначе называют, стримеры. Эти стримеры образуются в большом количестве, когда сила, протекающая через воздух, быстро изменяется. Я наглядно покажу действие этой электростатической силы в новейшем эксперименте, в котором я использую индукционную катушку, о которой я уже говорил ранее. Катушка размещается в контейнере, заполненном маслом, и устанавливается под столом. Два конца провода вторичной обмотки проходят через две толстых столбика из прочной резины, которые выдаются на некоторую высоту над уровнем стола. Концы или клеммы вторично обмотки необходимо хорошо заизолировать с помощью прочной резины, поскольку даже сухое дерево является плохим изолятором для тока с огромной разностью потенциалов. На одной из клемм катушки я разместил большую сферу, сделанную из листа латуни, которую подсоединил к большой изолированной латунной пластине. Это позволило мне выполнять эксперимент при условиях, которые, как вы увидите, наиболее подходят для этого

эксперимента. Затем я привел катушку в действие и приблизил свободную клемму к металлическому предмету, находящемуся в моей руке, так, чтобы не получить ожогов. Когда я приблизил металлический предмет на расстояние в восемь или десять дюймов, стремительный поток искр вырвался с конца провода вторичной обмотки, который проходил через резиновую трубку.

Искрение прекращалось, когда металл в моей руке соприкасался с проводом. Теперь моя рука находилась под действием сильного электрического тока с колебаниями около одного миллиона раз в секунду. Все вокруг меня заполнилось электростатической силой, молекулы воздуха и частицы пыли подверглись этому воздействию и сильно бились о мое тело. Возбуждение частиц было таким сильным, что когда выключили свет, можно было увидеть потоки слабого света, появившиеся на некоторых частях моего тела. Когда такой стример вспыхивает на какой либо части тела, он вызывает ощущение, подобное уколу иглы. Когда разность потенциалов достаточно велика, а частота колебаний, наоборот, мала, то кожа может получить серьезные повреждения от воздействия огромного напряжения. Кровь с большой силой будет хлестать наружу в виде тонкой струи или брызг, настолько малых, что они будут невидимы, точно также как масло, находящееся на положительной клемме машины Гольца. Разрыв кожи, хотя это может показаться невозможным сначала, вполне возможен, так как ткани, расположенные под поверхностью кожи, являются несравнимо лучшими проводниками, чем сама кожа. По крайней мере, это кажется правдоподобным, исходя из некоторых наблюдений.

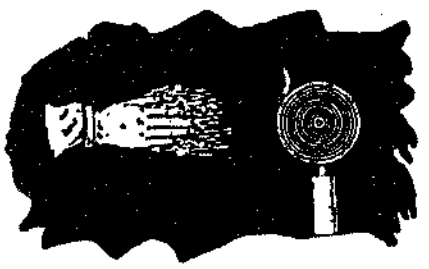


Рис. 5. и

Я могу сделать эти потоки света видимыми для всех, если прикоснусь металлическим предметом к одной из клемм и приближу мою свободную руку к латунной сфере, которая подсоединена ко второй клемме катушки. Когда рука приближается, воздух между ней и сферой возбуждается сильнее, и вы видите потоки света, исходящие с кончиков моих пальцев и с руки в целом (рис. 5). Если бы я еще ближе поднес руку, то к ней слетали бы сильные искры со сферы, и это могло бы быть опасным. Стримеры не доставляют никакого неудобства, за исключением того, что кончики пальцев чувствуют сильное тепло. Эти стримеры не следует сравнивать с теми, которые вырабатываются электрофорным генератором, так как во многих отношениях их поведение различно. Я подсоединил латунную сферу и пластину к одной из клемм для того, чтобы предотвратить образование видимых стримеров на клемме, а также для того, чтобы предотвратить распространение искр на значительное расстояние. Кроме того, такой контакт благоприятно сказывается на работе катушки.

Потоки света, испускание которых с моих рук вы наблюдаете, обусловлено разностью потенциалов величиной около 200 000 вольт, изменяющейся довольно нерегулярно, иногда до миллиона раз в секунду. Для того чтобы окружить пеленой света все мое тело потребуются колебания такой же амплитуды, но скорость их должна быть в четыре раза больше. Для этого требуется напряжение более 3 000 000 вольт. Но это пламя не должно меня обжигать, совсем наоборот, вероятность повреждения уменьшается. Даже сотой части такой энергии, направленной по-другому, достаточно, чтобы убить человека.

Величина энергии, которая таким образом может проходить через тело человека, зависит от частоты и потенциала тока. Делая оба этих показателя очень большими, можно пропускать через тело человека огромное количество энергии без малейшего для него дискомфорта, за исключением, возможно, руки, по которой движется ток. Причиной того, что тело не испытывает боль и ему не причиняется вред, является то, что повсюду, где ток протекает через тело, его поток направлен под прямым углом к поверхности тела. Поэтому тело экспериментатора является огромным рассекателем потока и его плотность очень мала, за

исключением руки, где плотность может быть значительной. Но если только небольшая часть энергии будет направлена так, что ток будет проходить через тело так, как при низкой частоте, полученный удар может быть смертельным.

Я думаю, что постоянный или низкочастотный переменный ток в принципе опасен из-за того, что его распределение через тело непостоянно. Он должен разделяться на мельчайшие ручейки с большой плотностью, из-за чего повреждаются жизненно важные органы. Не сомневаюсь, что такой процесс происходит, хотя никаких подтверждений не было обнаружено при проведении эксперимента. Постоянный ток причиняет повреждения, но еще более болезненным является переменный ток с очень низкой частотой. Основанием выразить это мнение, которое родилось в результате длительного эксперимента и наблюдений постоянного и переменного токов, явился явный интерес к этому предмету, выражающийся в ошибочных идеях, ежедневно выдвигаемых в журналах по этому вопросу.

Я могу проиллюстрировать эффект электростатической силы при помощи другого замечательного эксперимента, но перед этим я должен привлечь ваше внимание к одному или двум фактам. Ранее я сказал, что когда среда между двумя электростатически заряженными телами напряжена до определенного предела, то это вызывает действие, или, говоря популярным языком, противоположные электрические заряды объединяются и нейтрализуют друг друга. Это разрушение среды всегда происходит, когда сила, действующая между телами, постоянна или варьируется с умеренной скоростью. Если же изменения скорости существенно больше, то такое деструктивное действие не происходит вне зависимости от того, насколько велика эта сила. Вся энергия расходуется на излучение, конвекцию, механическое или химическое действие. Таким образом, длина искры, или наибольшее расстояние, на котором может возникнуть искра между электростатически заряженными телами является тем меньше, чем больше изменения скорости заряда. Но это правило может быть истинно только для обычных случаев, когда сравниваемые скорости варьируются в широком диапазоне.

Я экспериментально покажу вам различие в эффектах, получаемых при быстром изменении силы, при постоянной силе, или при умеренном изменении силы. У меня есть две большие латунные пластины *p p,* согнутые в кольца (Рис. 6a и Рис. 6b), которые закреплены в передвижных изолирующих держателях, стоящих на столе. Пластины присоединены к концам вторичной обмотки катушки, похожей на ту, что использовалась ранее. Я разместил пластины на расстоянии в десять или двенадцать дюймов друг от друга и включил катушку. Я увидел, что пространство между пластинами размером около двух кубических футов заполнилось ровным светом, Рис. 6a. Этот свет обусловлен стримерами, которые вы могли видеть в первом эксперименте, но теперь он был более интенсивным. Я уже акцентировал внимание на важности стримеров в коммерческих приборах, но они очень важны и в чисто научных исследованиях. Часто их плохо видно, но они всегда есть, они поглощают энергию и изменяют действие приборов. Когда стримеры интенсивны, как сейчас, они в больших количествах производят озон и, кроме того, как отметил профессор Крукс, азотистую кислоту. Это химическая реакция такая быстрая, что когда работает катушка, такая как в нашем случае, то в скором времени атмосфера в маленькой комнате становится невыносимой из-за вредного воздействия на глаза и горло. Но при умеренном воздействии стримеры замечательно освежают атмосферу подобно грозе, и опыты, бесспорно, оказывают благоприятное действие.

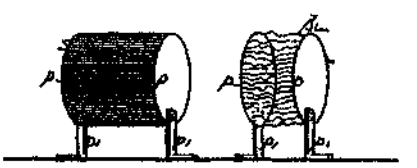


Рис. 6a. Рис. 6b.

В этом эксперименте сила, действующая между пластинами, изменяется по интенсивности и с очень большой скоростью. Теперь я сделаю скорость изменения в единицу времени значительно меньше. Этого эффекта я достигаю, пропуская разряд через первичную обмотку индукционной катушки с меньшей частотой, а также уменьшая скорость колебаний во вторичной обмотке. Первый результат достигается путем уменьшения ЭДС в воздушном пространстве первичной цепи, а второй, путем сближения двух латунных пластин на расстояния

около трех или четырех дюймов. **Когда** катушка работает, вы уже не видите стримеры или свет между пластинами, хотя среда между ними находится под огромным напряжением.

Я продолжу увеличивать напряжение, повышая ЭДС в первичной цепи, и вы увидите, как расходуется воздух и помещение освещается фейерверком блестящих, сухих, шумных искр, Рис. 6Ь. Эти искры могли быть получены также и при постоянной (не изменяющейся) силе; это явление хорошо знакомо уже многие годы, хотя и получалось при помощи совершенно другого прибора. При описании **этих** двух явлений с такими разительными отличиями, я намеренно говорил о "силе", действующей между пластинами. В соответствии с общепринятой точкой зрения было бы правильным сказать, что это была "переменная ЭДС", действующая между пластинами. Этот термин совершенно правилен и применим во всех случаях, когда очевидна, по крайней мере, возможность зависимости между электрическими состояниями пластин или электрическое действие возникает из-за их близости друг к другу. Но если пластины удалены на бесконечное или предельное расстояние друг от друга, то нет ни возможности, ни какой-либо необходимости в такой зависимости. Я предпочитаю использовать термин "электростатическая сила" и говорить, что такая сила действует вокруг каждой пластины, или вообще любого электрически изолированного тела. Неудобно использовать это выражение как термин для устойчивого электрического состояния, но правильная терминология со временем разрешит эту

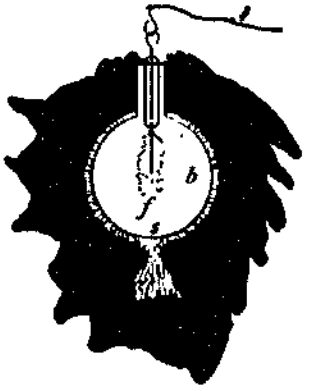


Рис. 7.

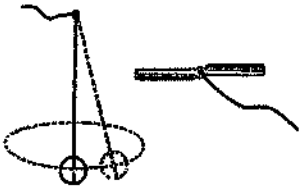


Рис. 8a. Рис. 8b.

трудность.

Я теперь возвращаюсь к эксперименту, о котором я уже упомянул и которым я хочу иллюстрировать поразительный эффект, производимый быстро изменяющейся электростатической силой. Я присоединяю к концу провода, (Рис. 7), который соединен с одной из клемм вторичной обмотки индукционной катушки, вакуумную лампу b. Эта лампа содержит тонкую углеродную нить накала, которая соединена с платиновой проволокой *W,* запаянной в стекле. Проволока выходит наружу из лампы и соединяется с проводом. Вакуум в лампе может быть получен при помощи обычной аппаратуры, и достигать любых значений. За мгновение до этого вы стали очевидцами распада воздуха между заряженными латунными пластинами. Вы знаете, что стеклянная пластина или любой другой изолирующий материал будут пробиваться похожим образом. А если взять металлическое покрытие и прикрепить его на внешней стороне лампы, или поблизости от нее, а затем соединить этого покрытия с клеммой катушки, то вы будьте готовы увидеть, как поддается стекло, когда напряжение достигло определенного уровня. Даже когда покрытие не соединяется с другой клеммой, но контактирует с изолирующей пластиной, тем не менее, вы будете ожидать разламывания стекла.

Однако вы с удивлением обнаружите, что под действием изменяющихся электростатических сил стекло не выдерживает, если все другие тела удалены из лампы. Фактически, мы полагаем, что все окружающие тела, которые мы воспринимаем, могут быть удалены на бесконечное расстояние, и это никак не повлияет на результат.

Когда катушка начинает работать, стекло неизменно дает трещину в области перемычки,

или в другом узком месте, и вакуум быстро исчезает. Такое повреждение не должно происходить при действии постоянной силы, даже если она во много раз больше. Трещина является следствием возбуждения молекул газа в лампе и вне ее. Это возбуждение, которое обычно наиболее сильно в узком, остром месте канала вблизи перемычки, вызывает нагрев и разрыв стекла. Однако, этот разрыв не будет происходить даже при изменении силы, если среда, заполняющая лампу и наружная среда совершенно однородны. Повреждение происходит значительно быстрее, если верх лампы выведен в тонкое волокно. В лампах, применяемых с этими катушками, такие узкие каналы должны быть удалены.

Когда проводящее тело погружено в воздух или похожую изолирующую среду, содержащую или состоящую из маленьких свободно двигающихся частиц, способных наэлектризовываться, и когда электризация тела происходит с очень большой скоростью (с Такой, что справедливо утверждение, что электростатическая сила действует вокруг тела с изменяющейся интенсивностью), то маленькие частицы притягиваются и отталкиваются, и их сильное воздействие на тело может вызвать механическое движение последнего. Явления этого типа заслуживают внимания, так как они не наблюдались при использовании ранее применяемой аппаратуры. Если очень легкую токопроводящую сферу подвесить на очень тонком проводе и зарядить до постоянной, но большой величины разности потенциалов, то она останется неподвижной. Даже если разность потенциалов будет сильно изменяться, но при этом распределение маленьких частиц материи, молекул или атомов будет равномерным, то сфера не будет двигаться. Но если одна сторона проводящей сферы будет покрыта толстым изолирующим слоем, то воздействие частиц на сферу приведет к ее движению, как правило, неравномерному. Рис. 8a. Подобным способом, как я показал в предыдущем случае, вращается вентилятор из листа металла Рис. 8b, частично покрытый изолирующим материалом и помещенный на клемму катушки так, что он может поворачиваться.

Все эти явления, которые вы наблюдали, и другие, которые вы увидите позже, обусловлены наличием среды, подобной воздуху и не встречаются в плотной среде. Действие воздуха может быть лучше проиллюстрировано следующим экспериментом. Я беру стеклянную трубку t, Рис. 9, около одного дюйма в диаметре, в нижнем конце которой имеется платиновый провод w, к которому прикреплена тонкая нить накала *f*. Я соединяю провод с клеммой катушки и включаю ее. Теперь платиновый провод заряжается положительно и отрицательно в быстрой последовательности. Провод и воздух в трубке быстро нагреваются под действием частиц, которое может быть настолько сильным, что нить накаливания раскаляется добела. Но если я налью масло в трубку так, чтобы покрыть им провод, действие прекратится, и нагревания не будет заметно. Причина в том, что масло это практически непрерывная среда. Видимый разряд в такой плотной среде происходит с частотой, несравнимо меньшей, чем в воздухе, следовательно, работа в такой среде будет незначительной. Но масло должно вести себя иначе при больших частотах, и тогда может быть выполнена значительно большая работа.

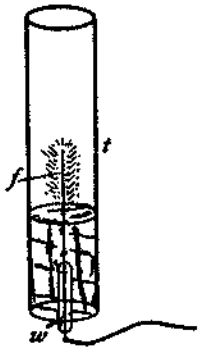


Рис. 9.

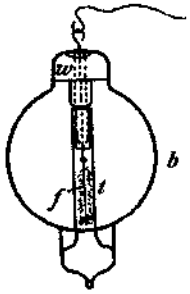


Рис. 10.

Впервые был замечен так называемый электрический феномен, выражающийся в притяжении и отталкивании между соизмеримыми телами, а также другие проявления действия этой силы. Но хотя они были известны нам многие столетия точная природа задействованного здесь механизма все еще остается неизвестной, и даже не получила удовлетворительного объяснения. Какой тип этого механизма? Мы не скрываем удивления при наблюдении двух магнитов, притягивающихся и отталкивающихся с силой в сотни фунтов при кажущейся пустоте

между ними. В наших коммерческих динамо-машинах магниты способны удерживать в воздухе тонны веса. Но что значат даже эти силы, действующие между магнитами по сравнении) огромным притяжением и отталкиванием, производимым электростатической силой, величине интенсивности которой, очевидно, нет предела. В разряде молнии тела часто заряжаются до такой высокой разности потенциалов, что они отбрасываются с невообразимой силой, рвутся на части или распадаются на фрагменты. Но даже эти эффекты не сравнятся с притяжением и отталкиванием, существующими между заряженными атомами и молекулами, и которые достаточны для того, чтобы их скорость достигала многих километров в секунду, так что при сильном столкновении тела раскаляются добела и испаряются. Особенно интересно для мыслителя, который интересуется природой этой силы, будет заметить, что несмотря на то, что действие между отдельными молекулами ли атомами происходит в любых состояниях, притяжение и отталкивание соизмеримых по величине тел предполагает наличие изолирующей среды. Так, если воздух, разреженный или нагретый, обнаруживает большую или меньшую проводимость, то действие между двумя заряженными телами практически прекращается, в то время как взаимодействие между отдельными атомами продолжает происходить.

Эксперимент может послужить иллюстрацией и средством показать другие интересные детали. Некоторое время назад я показал, что нить накаливания или провод, установленные в лампе и подключенные к одной из клемм вторичной катушки высокого напряжения вращаются, при этом верхняя часть нити накала описывает круг. Это колебание было очень энергичным, когда воздух в лампочке находился при обычном давлении, и стало менее энергичным, когда воздух в лампочке стал сильно сжат. Оно прекращалось полностью, когда воздух разрежался до такой степени, что приобретал относительно неплохую проводимость. Я установил, что при сильном вакууме в лампе колебаний не происходит. Но я предположил, что колебания, которые я приписал электростатическому действию между стенками лампы и нитью накала, будут иметь место и при сильном разрежении воздуха. Для того, чтобы проверить это в более благоприятных условиях, была сконструирована лампа, похожая на ту, что изображена Рис 10. Она состоит из шара b, на шейке которого закреплена платиновая проволока *W,* к которой присоединена нить накала f. В нижней части шара трубка / окружает нить накала. Разрежение воздуха производилось обычно используемыми для этого приборами.

Эта лампа оправдала мое ожидание в том, что нить накала должна вибрировать и раскаляться при включении тока. Она также показала другую интересную особенность, имеющую отношение к предыдущим замечаниям. А именно: когда нить накала оставалась раскаленной некоторое время, узкая трубка и пространство внутри нее нагревались до высокой температуры. При этом газ в трубке становился токопроводящим, а электростатическое притяжение между стеклом и нитью накала становилось очень слабым, или исчезало совсем, и нить накала успокаивалась. Когда нить накала успокаивалась, она накалялась еще более сильно. Вероятно, это происходит из-за того, что она занимает положение в центре трубки, где молекулярная бомбардировка была более интенсивна, а также отчасти из-за того, что отдельные столкновения были более сильными, и никакая часть задействованной энергии не преобразовывалась в механическое движение. Поскольку, в соответствии с общепринятой точкой зрения, в этом эксперименте накаливание должно приписываться воздействию частиц, молекул, или атомов в нагретом пространстве, следовательно, как объяснение данному действию, эти частицы должны вести себя как независимые носители электрического заряда, погруженные в изолирующую среду. При этом нет силы притяжения между стеклом трубки и нитью накала, так как пространство в трубке, в целом, обладает электропроводностью.

В этой связи достаточно интересно наблюдать, как притяжение между двумя заряженными телами может прекратиться по причине ослабления изолирующего действия среды, в которую они погружены, и как между телами может возникнуть отталкивание. Это можно правдоподобно объяснить. Когда тела находятся на некотором расстоянии друг от друга в плохо проводящей среде, такой как слабо нагретый или разреженный воздух, и они вдруг заряжаются, то к ним передаются противоположные электрические заряды. Эти заряды более или менее уравниваются благодаря утечке через воздух. Но если тела заряжены одинаково, то

у них меньше возможностей для такой утечки, следовательно, отталкивание, наблюдаемое в этом случае, будет сильнее, чем притяжение. Однако, как показал профессор Крукс, силы отталкивания в газообразной среде усиливаются молекулярной бомбардировкой.

О ТОКЕ ИЛИ ЯВЛЕНИЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Насколько мне известно, такие эффекты возникают главным образом в результате изменений электростатической силы в изолированной среде, например, в воздухе. Когда такая сила воздействует на токопроводящее тело достаточно больших размеров, она вызывает внутри этого тела или на его поверхности движение электричества и создает электрический ток, который в свою очередь создает другой вид явлений. Некоторые из них я сейчас постараюсь Вам продемонстрировать. Для представления второго класса электрических эффектов, я позволю себе выбрать те их них, которые можно воспроизвести без обратной цепи, и надеюсь вызвать у Вас еще больший интерес тем, что представлю эти явления в более или менее новом аспекте.

В течение долгого времени, очевидно, в связи с отсутствием достаточного опыта работы с переменным током, бытовало мнение, что электрический ток представляет собой нечто циркулирующее в рамках токопроводящего тела. Поэтому, когда впервые стало ясно, что электрический ток может идти по токопроводящему пути даже если последний прерывается, то этот факт вызвал изумление. Более того, еще большее изумление вызвало то, что иногда легче обеспечить прохождение тока при таких условиях, нежели через замкнутый путь. Но эта старая идея постепенно угасла даже среди практиков, и вскоре была полностью забыта.

Если подсоединить изолированную металлическую пластину *P,* см. Рис. 11, к одной из клемм *T* индукционной катушки при помощи провода, то, несмотря на то, что эта пластина очень хорошо заизолирована, при подключении катушки к цепи, по проводам течет ток. Сначала мне хотелось представить Вам доказательства того, что при этом именно ток течет проводам. Для того, чтобы продемонстрировать это, вполне достаточно поместить между клеммой катушки и изолированной пластиной платиновую, или мельхиоровую проволоку *W,* которая под действием тока раскалится добела. Для такого опыта необходимы довольно большая пластина и электрические импульсы очень высокого напряжения и частоты. Другой способ состоит в следующем: возьмем катушку С, Рис. 11, содержащую большое количество витков тонкого изолированного провода и включим ее в цепь, по которой ток идет к пластине. Когда я подсоединил один конец катушки к проводу, ведущему к другой изолированной пластине *Pj,* а другой конец к клемме *Tj* индукционной катушки, то, при активации всей цепи, через катушку пошел ток, а его присутствие можно было продемонстрировать самыми разными способами. Например, я вставляю в катушку железный стержень i. Поскольку ток обладает очень высокой частотой и некоторой силой, а при столь высоких частотах гистерезис и потери тока очень велики, то вскоре железный стержень нагреется до высокой температуры. Можно взять стержень определенного размера, изготовленного из слоистого металла, или цельный — существенного значения не имеет, а обычная металлическая проволока, толщиной 1/16 или 1/8 дюйма, вполне подходит для этих целей.

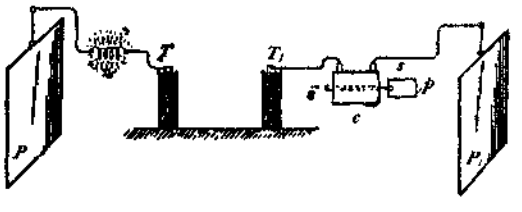


Рис.11 11.

Во время работы индукционной катушки, ток проходит по дополнительной катушке, *и* через несколько секунд железная проволока i нагревается до температуры, достаточной, чтобы растопить сургуч, который нанесен на полоску бумаги, и которым последняя крепится к проводу. При этом бумага падает вниз. При помощи аппарата, который находится здесь, можно провести и другие, более интересные опыты такого рода. Для этого задействуется вторичная обмотка *S,* см. Рис. 12, которая изготовлена из толстой проволоки, намотанной на катушку, похожую на ту, которая использовалась в предыдущем эксперименте. В предыдущем эксперименте сила тока, протекающего через катушку С была очень низкой, тем не менее, благодаря наличию большого количества витков стало возможным возникновение сильного теплового эффекта на проволоке.

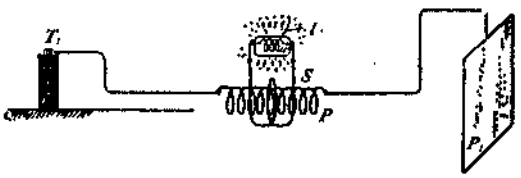


Рис. 12.

Если бы я пропустил этот ток через проводник с целью продемонстрировать эффект нагревания последнего, то, возможно, силы тока такой величины оказалось бы недостаточно для достижения желаемого результата. Но с катушкой, имеющей вторичную обмотку, я могу преобразовывать слабый ток, но с высоким напряжением, который проходит через первичную обмотку *P,* в ток с большей силой, но меньшим напряжением, который уже может вызвать ожидаемый эффект. В маленькую стеклянную трубку я поместил платиновую проволоку *W,* свернутую в змеевик. Такая форма проволоки обусловлена исключительно соображениями защиты ее от внешнего механического воздействия. На каждом конце трубки имеется впаянная клемма из толстой проволоки, с которыми соединены концы платиновой проволоки *W.* Я подключил клеммы вторичной катушки к клеммам трубки и, как и ранее, поместил первичную обмотку *p* между изолированной пластиной *Pj* и клеммой T_1 индукционной катушки. При замыкании цепи, как только индукционная катушка начинает действовать, платиновая проволока "w" мгновенно раскаляется, и может оплавиться, даже если она очень толстая.

Вместо платиновой проволоки в данном случае я использовал обычную 50-вольтовую лампу в 16 свечей. Как только я включил в работу индукционную катушку — нить накала лампы раскалилась. При этом нет необходимости использовать изолированную пластину, лампа (I, Рис. 13) раскаляется даже если пластина *Pj* отключена. Для того, чтобы снизить электростатическую индукцию, или для иных целей, можно также подключить вторичную катушку к первичной так, как это показано пунктирной линией на Рис. 13.

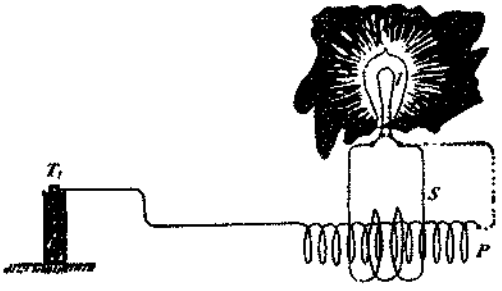


Рис. 13.

А сейчас я хотел бы заострить Ваше внимание на некоторых данных наблюдения за лампой. Первое, я отключил одну из клемм лампы от вторичной обмотки *S.* Как только в цепи появился индукционный ток, вспыхнул яркий свет. Этот свет образовался благодаря электростатической индукции. При охвате лампы рукой — свечение усиливается. Это объясняется тем, что емкость тела экспериментатора добавляется к емкости вторичной цепи. По своему эффекту вторичная обмотка эквивалентна металлическому покрытию, которое могло бы быть расположено рядом с первичной обмоткой. Если вторичную обмотку, или ее

эквивалент — покрытие, расположить симметрично по отношению к первичной, то при обычных условиях электростатическая индукция будет равна нулю. Это происходит потому, что при использовании первичной обратной цепи, обе половины нейтрализуют друг друга. На самом деле, вторичная обмотка располагается симметрично по отношению к первичной, однако, когда только один конец первичной обмотки подсоединен к индукционной катушке, то действие двух ее половин становится не равнозначным. В результате, возникает электростатическая индукция и вспыхивает свет в лампе. Можно почти полностью компенсировать действие двух половин первичной обмотки, если подсоединить ее другой, свободный конец к изолированной пластине, как в предыдущем эксперименте.

Когда мы подключаем пластину, свечение прекращается. Если использовать пластину меньших размеров, то свечение не будет исчезать полностью, а нагрев воздух в лампе будет способствовать свечению нити накала, когда вторичная обмотка замкнута.

Для того, чтобы продемонстрировать другую особенность, я подключил катушки определенным образом. Сначала я подключил обе клеммы лампы ко вторичной обмотке, затем один конец первичной обмотки — к клемме *Tj* индукционной катушки, а другой конец — к изолированной пластине *Pj,* как и ранее. При подаче тока лампа загорелась ярким светом. На Рис. 14b изображении эта схема, где С — катушка из тонкой проволоки, *a s* — вторичная обмотка из толстой проволоки, намотанная поверх катушки. Если отключить изолированную пластину *Pj,* что изолирует один конец "а" первичной обмотки, то нить накала лампы станет темной, то есть яркость света уменьшится (Рис. 14a). Снова подсоединив пластину P_1 и увеличив частоту тока, я добился того, что нить накала стала темной, почти красной (Рис. 15b). Я еще раз отсоединил пластину. Напрашивается естественный вывод, что при отключении пластины, ток, проходящий через первичную обмотку, ослабевает, что в свою очередь снижает электродвижущую силу во вторичной обмотке *S,* в результате чего снижается яркость лампы. В таком случае, такой же результат можно было бы легко получить слегка подрегулировав катушки, а также изменив частоту и напряжение тока. Но, возможно, куда больший интерес представляет тот факт, что при отключении пластины, яркость свечения лампы увеличивалась (Рис. 15a). В этом случае вся энергия, которую получает первичная обмотка, попадает в нее как заряд электрической батареи в океанский кабель, но большая часть этой энергии возвращается через вторичную обмотку и вызывает свечение лампы. Ток, проходящий через первичную обмотку, имеет наивысшую силу в точке b, где происходит контакт с индукционной катушкой, и теряет свою силу на пути к точке *a.* В данной ситуации динамический индуктивный эффект на вторичной катушке *S* больше, чем ранее, когда пластина была подключена к первичной обмотке. Эти результаты могли образоваться по нескольким причинам. Например: при подключенной пластине *Pj,* реакция со стороны катушки С могла быть такой, что потенциал на клемме T_1 индукционной катушки уменьшился, и таким образом ослабил силу тока, теку-

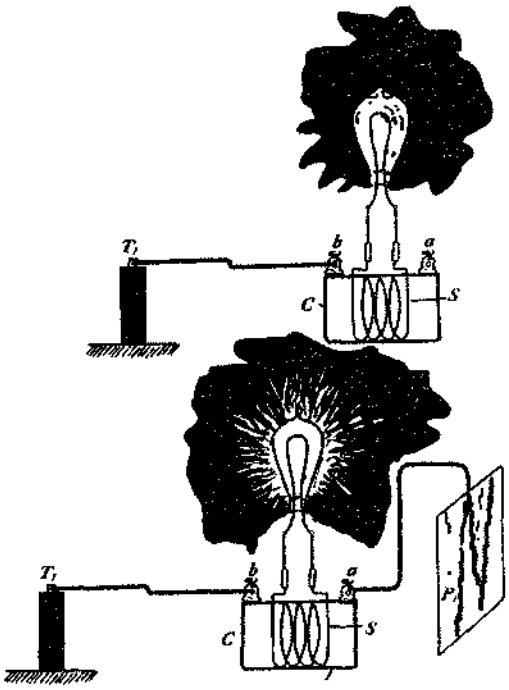


Рис. 14a.

Рис. 14b.

щего через первичную обмотку катушки С. Либо, отключение пластины могло привести к уменьшению емкостного эффекта в отношение первичной обмотки катушки до такой степени, что уменьшилась сила тока, протекающего через нее, несмотря на то, что потенциал на клемме *Tj* индукционной катушки мог оставаться той же величины, а то и более. Либо, данный результат мог образоваться вследствие изменения фазы токов в первичной и вторичной обмотках, и последующей реакции. Но главным определяющим фактором является соотношение самоиндукции, емкости катушки С, пластины *P/,* а также частоты тока. Однако повышенная яркость нити накала на Рис. 15а частично обуславливается нагревом разреженного газа в лампе, вызванном электростатической индукцией, которая, как было отмечено ранее, больше при отсоединенной пластине.

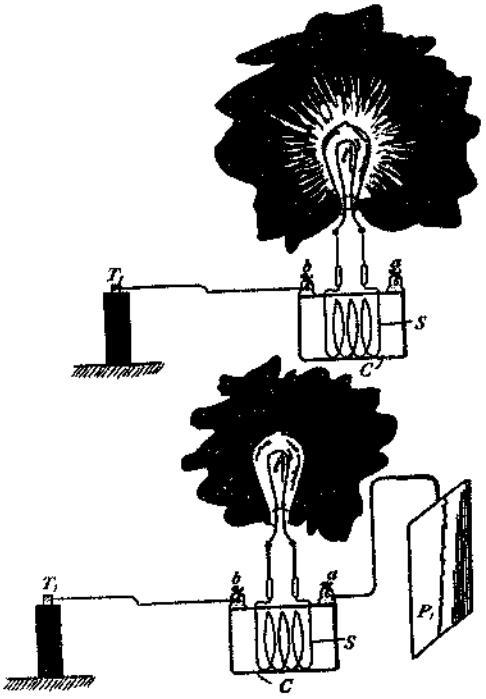


Рис. 15а.

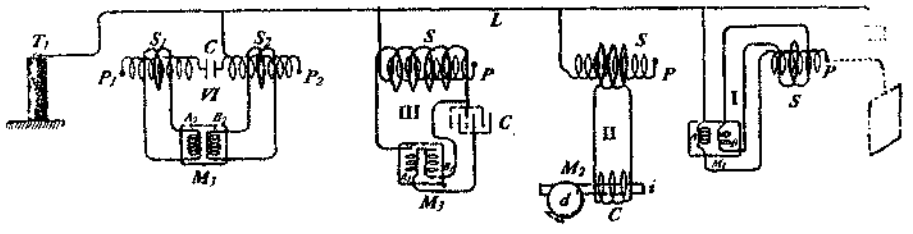
Рис. 15b.

Есть еще и другая особенность, на, которую я хотел бы обратить Ваше внимание. Когда изолированная пластина отключена и вторичная обмотка катушки открыта, то при приближении ко вторичной обмотке небольшого предмета видно, как из нее вылетают небольшие искорки, демонстрируя тем самым, что электростатическая индукция в данный момент очень мала. Но если вторичная обмотка замкнута, или подключена к лампе, нить накала которой ярко светится, то при приближении ко вторичной обмотке небольшого предмета возникают довольно мощные искры. В этом случае электростатическая индукция намного больше, поскольку замкнутая вторичная обмотка обуславливает наличие большого тока в первичной обмотке, особенно в той ее половине, которая соединена с индукционной катушкой. Если в этот момент обхватить лампу рукой, то емкость вторичной обмотки по отношению к первичной увеличится на величину емкости тела человека, и яркость свечения нити накала увеличится. Возникновение белого накала в данном случае обусловлено двумя факторами: прохождением тока через нить накала и молекулярной бомбардировкой разреженного газа в лампе. Наблюдения за предыдущими опытами принесли довольно интересные результаты. Если я могу обеспечить прохождение электрического тока по проводу подключив только один его конец к источнику электрической энергии, значит, я могу этим током индуцировать другой ток, намагнитить железный стержень, и, короче говоря, проделать все операции, которые я мог бы осуществить при использовании обратной цепи, даже заставить вращаться электродвигатель при помощи только одного провода. Ранее я уже описывал конструкцию простого электрического двигателя, который состоит из одной катушки возбуждения, железного стержня и диска. На Рис. 16 изображен несколько видоизмененный способ работы подобных электродвигателей переменного тока. Эти двигатели приводятся в движение переменным током индуцированным в трансформаторе, у которого один выход подключен к клемме двигателя, а другой к различным цепям, вырабатывающим ток, различающийся по фазе, и приводящий в движение двигатели определенного класса. Имея перед собой данную иллюстрацию, думается, что достаточно нескольких слов для описания этой схемы. На Рис. 16 II изображена первичная катушка *P,* соединенная одним своим выходом с контуром *L,* идущим от клеммы *T/* трансформатора высокого напряжения. Ток, проходящий

по первичной обмотке *P* возбуждает индукционный ток во вторичной обмотке *S,* изготовленной из толстой проволоки, в цепи которой имеется катушка С. Далее ток, возникающий во вторичной обмотке, передает электромагнитную энергию железному стержню i, который желательно, но не обязательно, состоит из нескольких частей, и заставляет вращаться диск d. Такой двигатель, на Рис. 16 II он схематически изображен под литерой M_2, называется Магнитно-инерционным двигателем". Но такое определение может быть вынесено теми, кто Полагает, что вращение двигателя вызвано вихревыми потоками, возникающими в момент, когда стержень i вдвигается в индукционное поле обмотки. Для того, чтобы такой двигатель, какой изображен на рисунке, мог эффективно работать, частота тока не должна быть слишком Высокой, не более четырех или пяти тысяч колебаний в секунду, хотя вращение будет происходить и при десяти тысячах колебаний в секунду, и даже более.

На Рис. 16 I электродвигатель с двумя цепями возбуждения схематически изображен под литерой M_1. Цепь *A* соединена с контуром *L,* и последовательно с первичной обмоткой *P,* свободный выход которой может быть подключен к пластине *Pj*. Такое соединение отмечено на схеме пунктирными линиями. Другая цепь двигателя *B* соединена со вторичной обмоткой s, которая состоит в индуктивной связи с первичной обмоткой *P.* Переменный ток, через клемму T_1 трансформатора, проходит через открытый контур *L,* а также через цепь *A,* и первичную обмотку *P.* При прохождении через первичную обмотку ток индуцирует вторичный ток в цепи *S,* который отличается от тока в первичной обмотке по фазе на 90 градусов, или около того, и может привести в движение якорь, который индуктивно связан с цепями *A* и *B.*

Рис. 16.



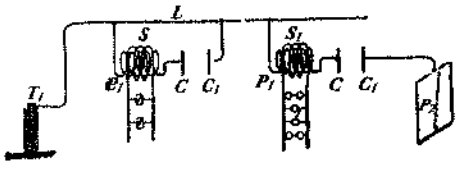


Рис. 17.

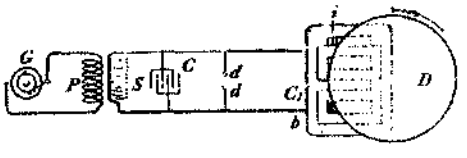


Рис. 18.

На Рис. 16 III изображен подобный электродвигатель, с двумя цепями возбуждения: *A j* и B_1. Первичная обмотка *P,* одним своим выходом подключенная к контуру L, имеет вторичную обмотку *S,* желательно чтобы она была намотана так, чтобы обеспечивать достаточно высокую электродвижущую силу, и к которой подключены две цепи возбуждения двигателя: одна непосредственно к выходам вторичной обмотки, а другая к конденсатору С, при помощи которого и достигается разница в фазах у тока, проходящего через цепи A_1 *и* B_1.

На Рис. 16 IV изображена другая схема подключения. Две первичные обмотки P_1 и P_2 подключены к контуру *L:* одна через конденсатор малой емкости С, а другая напрямую. Первичные обмотки имеют вторичные *Sj* и S_2, которые подключены последовательно к цепям возбуждения A_2 и B_2, а также к двигателю M_3. Конденсатор С, как и в предыдущих случаях, служит для обеспечения разницы в фазах у токов, проходящих через цепи двигателя. Так как подобные фазовые двигатели известны достаточно широко, то на иллюстрации они изображены

схематически. Поскольку не было отмечено каких-либо трудностей в работе электродвигателей, функционирующих таким, или подобным образом, и, несмотря на то, что на сегодняшний день такие эксперименты представляют только научный интерес, возможно, что в самом недалеком будущем мы увидим их в практическом применении.

Полагаю, что были бы уместны некоторые замечания в отношении всех устройств, функционирующих при помощи только одного провода. Совершенно очевидно, что в устройствах, работающих от тока высокой частоты — по меньшей мере тогда, когда присутствует электродвижущая сила большой мощности — использование заземления куда более предпочтительнее обратного провода.

Использование заземление при слабом токе, или при токе низкой частоты не рекомендуется потому, что эти факторы вызывают химические реакции разрушающего действия на самом заземлении, а также негативно влияют на работу электрических цепей. Однако при токе высокой частоты, эти негативные проявления практически отсутствуют. Даже если рассматривать заземление как ненужный элемент в ситуации, когда имеется электродвижущая сила большой мощности, в скором времени будут созданы условия, при которых передача электрического тока чрез открытое соединение окажется более экономичной, нежели через закрытое. Человеку, мало знакомому с результатами подобных экспериментов может показаться, что промышленное применение такого способа передачи электрической энергии, то есть с использованием только одного провода — дело далекого будущего, однако, оно не покажется таковым для тех, кто потратил некоторое время на изучение природы этих явлений. В самом деле, я не вижу причин, которые могли бы помешать осуществлению такого плана. Также было бы неверным полагать, что для претворения в жизнь такого плана, обязательно требуется очень высокая частота. Напряжения в 30 000 вольт вполне достаточно для того, чтобы передавать электрический ток низкой частоты по одному проводу. Результаты экспериментов, проведенных мной, позволяют делать такие заключения.

Как показали лабораторные опыты, можно легко управлять током очень высокой частоты способом, представленным на Рис.17. Там показаны две обмотки: Р *Pj,* каждая из которых одним своим выходом соединена с контуром *L,* а другим с конденсаторными пластинами С и *C,* соответственно. Рядом с ними расположены другие конденсаторные пластины *Cj* и С/. Первая из них соединена с контуром *L,* а вторая с большой изолированной пластиной P_2 Поверх первичных обмоток намотаны вторичные *S* и *Sj,* изготовленные из толстой проволоки, и которые подсоединены к устройствам *d* и l соответственно. При изменении расстояния между конденсаторными пластинами С и *Cj,* а также С и С/, изменяется сила тока, проходящего по вторичным обмоткам *S* и *S.* При этом наблюдается необычная особенность — очень высокая чувствительность: даже очень небольшое изменение расстояния между пластинами вызывает весьма значительное изменение силы тока. А в условиях резонанса, чувствительность и вовсе огромна, то есть в условиях, когда частота тока равна частоте в первичной обмотке, отсутствует пластина на свободном конце, а вторичная обмотка замкнута. Например: я создал такие условия, когда при подходе человека к катушке, довольно значительно менялась яркость лампы, подключенной ко вторичной обмотке. Разумеется, такие эксперименты сегодня вызывают только научный интерес, однако в скором времени они могут приобрести и практическое значение.

Использование тока очень высокой частоты в электродвигателях невозможно, по причине необходимости использования железных сердечников. Но можно использовать резкие разряды тока низкой частоты, и таким образом получить определенные преимущества, присущие токам высокой частоты, при этом без того, чтобы железный сердечник стал совсем неспособен следовать изменениям, и вызывая тем очень большой потери энергии на сердечнике. Мой опыт показал, что вполне возможно приводить в движение двигатели переменного тока при помощи таких пробивных низкочастотных разрядов конденсаторов. Двигатели определенного класса, с которыми мне довелось работать несколько лет назад, у которых были замкнутые вторичные цепи, при прохождении разряда через катушки возбуждения, вращались весьма энергично,

Одна из причин, почему эти двигатели работали столь хорошо, состоит в том, что разность фаз между токами первичной и вторичной обмоток составляла 90 градусов, что в целом не обеспечивало равномерных взлетов и падений тока низкой частоты. Возможно, будет небезынтересно продемонстрировать эксперимент с одним двигателем такого класса, поскольку бытует мнение, что пробивные разряды не подходят для этих целей. Такой электродвигатель изображен на Рис. 18. Он включает в себя довольно большой железный сердечник i с пазами в верхней части, в которые впрессованы медные шайбы С С. В непосредственной близости от сердечника находится свободно передвигаемый диск *D.* Сердечник оснащен первичной катушкой возбуждения C_1, выходы a и b которой подключены к клеммам вторичной обмотки *S* обычного трансформатора. Первичная обмотка *P* трансформатора подключена к распределительной сети переменного тока, или к генератору *G* тока низкой, или средней частоты. Клеммы вторичной обмотки *S* подключены к конденсатору С, разряды которого проходят через воздушный зазор *d d,* и который может быть подключен последовательно, или параллельно к катушке *Cj.* Если все параметры соблюдены правильно, то диск *D* вращается с заметным усилием, а железный сердечник i не подвергается ощутимому нагреву.

А при использовании переменного тока, вырабатываемым высокочастотным альтернатором, наоборот, металлический сердечник быстро нагревается, а диск вращается со значительно меньшим усилием. Для того, чтобы провести эксперимент должным образом, следует в первую очередь удостовериться, что диск *D* находится в состоянии покоя, когда в воздушном зазоре *d d* нет разрядов. Рекомендуется использовать железный стержень больших размеров, а конденсатор большой емкости для того, чтобы свести к минимуму наложение колебаний, а то и полностью свести их на нет. Изучая эти совершенно элементарные действия, я обнаружил, что вполне возможно такими пробивными разрядами приводить в действие электродвигатели постоянного тока, соединенные последовательно, либо параллельно. Причем, делать это можно как используя, так и не используя обратный провод.

ЯВЛЕНИЕ ИМПЕДАНСА

Среди множества феноменов, наблюдаемых у электрического тока, возможно, наиболее интересным является импеданс проводников к токам с очень высокой частотой колебаний. В своем первом выступлении перед аудиторией Американского Института Инженеров-Электриков я описал несколько поразительных наблюдений. В частности я продемонстрировал, что при прохождении такого тока, или неожиданных разрядов через толстый металлический брусок, на бруске могут быть точки, отстоящие друг от друга всего на несколько дюймов, разность потенциалов между которыми оказывается достаточной для того, чтобы поддерживать яркое свечение обычной лампы накаливания. Я также объяснил необычное поведение разреженного газа, окружающего проводник, возникающее вследствие таких неожиданных всплесков тока. С тех пор эти явления были изучены более тщательно, а пара новых экспериментов оказались настолько интересны, что заслуживают того, чтобы на них подробно остановились.

На Рис. 19а, изображена схема, где *B* и *Bj* очень толстые медные стержни, соответственно соединенные своими нижними концами с пластинами *C* и *Cj* конденсатора. Противоположные пластины конденсатора подключены к клеммам вторичной обмотки высоковольтного трансформатора. На первичную обмотку трансформатора подается переменный ток от обычной низкочастотной динамо-машины, либо от распределительной сети. Как обычно, конденсатор разряжается через воздушный зазор *d d.* Оказалось, что при наличии частых колебаний, довольно легко можно проделать следующий, весьма любопытный эксперимент. Стержни *B* и *Bj* соединены по верху лампой низкого напряжения l_3, чуть ниже, с помощью крепежей *C C* размещена 50-вольтовая лампа l_2, еще ниже расположена другая 100-вольтовая лампа I_1; и наконец, на строго определенном расстоянии от последней лампы — вакуумная трубка *T.* Осторожно перемещая эти устройства по стержням, вполне возможно добиться того, чтобы каждое из них светилось в соответствии с определенной ей мощностью, несмотря на то, что все

они соединены параллельно между двумя толстыми медными стержнями и требуют для работы совершенно различное напряжение. Разумеется, этот эксперимент требует определенного времени на подготовку, но его очень легко осуществить.

На Рис. 19b и 19c представлены схемы двух других экспериментов, которые в отличие от предыдущего, не требуют точной регулировки. На Рис. 19b две лампы, 100-вольтовая l_1 и 50-вольтовая $/_2$, расположены определенны образом: 100-вольтовая лампа находится ниже 130-вольтовой. Когда между точками *d d* проскакивает дуга и скачкообразные разряды проходят через стержни *B* и *Bj,* то, как правило, 50-вольтовая лампа излучает яркий свет, по крайней мере такого результата можно добиться без особого труда, тогда как 100-вольтовая лампа едва светится, или вообще остается темной, Рис. 19b Но если стержни *B* и B_1 соединить толстым поперечным стержнем B_2, то легко можно добиться того, чтобы 100-вольтовая лампа работала на полную мощность, а 50-вольтовая оставалась темной, Рис. 19c. Как я уже отмечал ранее, данные результаты не следует объяснять только частотой, это в большей мере относится к периоду времени, в течение которого и происходят изменения, который может быть очень большим, особенно при низкой частоте тока. Имеется еще множество различных результатов, которые представляют не меньший интерес, особенно для тех, кто в своей практике использует только ток слабой силы. Возможно, здесь они найдут ключ к разгадке тайны природы электрического тока.

В предыдущих экспериментах я уже имел возможность продемонстрировать некоторые явления, и, возможно, было бы целесообразно изучить их более детально. Однако для того, чтобы придать данному исследованию более законченный вид, я думаю, что необходимо в

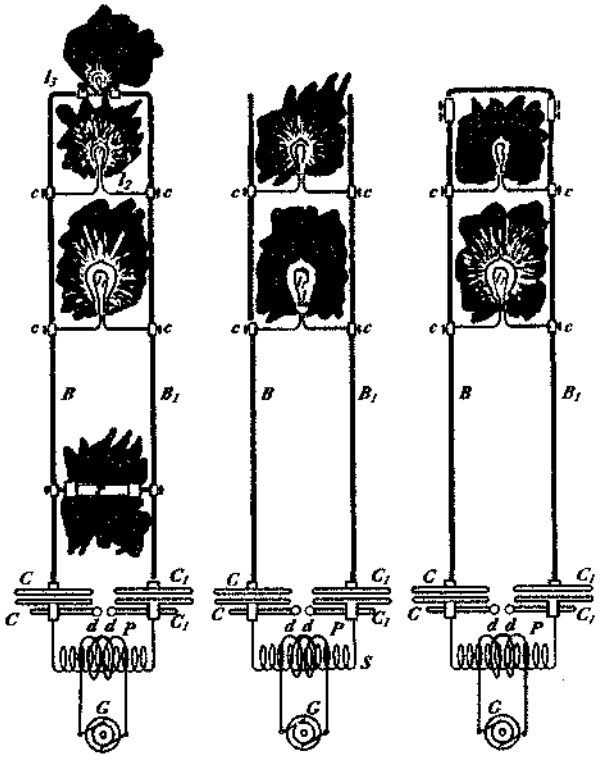


Рис. 19a., 19Ь и 19c

первую очередь сделать несколько замечаний в отношении электрического резонанса, который наблюдался при проведении всех этих экспериментов.

ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РЕЗОНАНСЕ

Эффект резонанса все чаще и чаще упоминается инженерами, и приобретает все большую важность при практическом использовании всех типов аппаратов, работающих от переменного (тока. Поэтому в отношении этих эффектов следует привести несколько общих замечаний. Общеизвестно, что при успешном применении эффекта резонанса в практической работе устройств, отпадает необходимость в использовании обратного провода, поскольку электрические колебания могут передаваться по одному проводу, а иногда даже лучше, чем с использованием двух проводов. Первый вопрос, на который следует дать ответ, звучит так: "Можно ли целенаправленно создавать чистые резонансные эффекты?" И теоретические расчеты и экспериментальная практика показывают, что в Природе подобное невозможно. Это связано с тем, что при увеличении интенсивности колебаний, быстро возрастает негативное воздействие на тело, где происходят колебания, а также на окружающую его среду. Поэтому необходимо контролировать колебания, в противном случае они могут возрастать до бесконечности. Пожалуй, что невозможность создания чистого резонанса, является очень удачным обстоятельством. В противном случае, трудно даже предположить, какими опасностями может грозить даже самый невинный эксперимент. Но вполне возможно произвести резонанс определенного уровня. Величина данного эффекта ограничивается недостаточной проводимостью и эластичностью среды, или фрикционными потерями в целом.

Чем меньше потери, тем значительнее эффект. То же самое относится и к механическим колебаниям. Можно вызвать колебания в толстом стальном стержне при помощи водяных капель, падающих на него с определенными интервалами. В стеклянной среде, которая более эластична, эффект резонанса проявляется еще сильнее. Можно сделать так, чтобы стеклянный бокал разлетелся вдребезги, если направить в него звук определенного тона. Электрический резонанс достигается более совершенным способом. Чем меньше сопротивление, или импеданс, токопроводящего пути, тем выше диэлектрик. Если лейденская банка разряжается через короткий витой кабель, изготовленный из тонкой проволоки, то это означает, что для достижения резонансного эффекта, возможно, созданы самые лучшие условия, и поэтому он проявляется наиболее отчетливо. Это не относится к динамо-машинам, трансформаторам и их цепям, а также к другим аппаратам промышленного изготовления, где наличие железных сердечников сильно препятствует возникновению резонанса, и даже делает его невозможным. Что касается Лейденских банок, при помощи которых часто демонстрируется эффект резонанса, я бы хотел сказать, что наблюдаемые эффекты часто всего лишь приписываются, и редко когда возникают действительно в результате резонанса. Здесь очень легко допустить ошибку в выводах. Это можно продемонстрировать при помощи нижеследующего эксперимента. Возьмем, к примеру, две большие изолированные пластины, или сферы, которые обозначим как *A* и *B*. Поместим их на определенном небольшом расстоянии друг от друга, затем зарядим их при помощи фрикционного, или электрофорного генератора до потенциалов такой величины, чтобы даже при небольшом увеличении разницы потенциалов, происходил пробой воздуха, или изолирующего пространства между ними. Этого легко добиться, если предварительно немного потренироваться. Теперь возьмем другую пластину, имеющую изолированную рукоятку, и соединенную при помощи провода с одной из клемм вторичной обмотки высокого напряжения индукционной катушки, которая запитывается от генератора переменного тока, желательно высокочастотного. Если эту пластину поднести к одному из заряженных тел *A,* или *B,* то между ними будут происходить разряды. Но для этого необходимо, по меньшей мере, чтобы потенциал катушки, соединенной с пластиной, был достаточно высок. Объяснение этому кроется в том, что пластина индуктивно воздействует на тела *A и B, и* вызывает искровой разряд между ними. При возникновении искры, заряды, которые до этого нагнетались на тела элекрофорным генератором, неизбежно теряются, поскольку тела вошли в электрический контакт через образовавшуюся дугу. Эта дуга образуется вне зависимости того, есть резонанс, или нет. Но даже если искра не образуется, то при приближении пластины возникает переменная электродвижущая сила между телами. Таким образом, приближение пластины, своим индуктивным воздействием, по мень-

шей мере, способствует возникновению пробоя воздушной прослойки. С тем же успехом, вместо сфер, или пластин *A и B* мы можем использовать покрытия Лейденской банки, а вместо генератора — предпочтительно генератора переменного тока высокой частоты, потому что он лучше всего подходит для этого эксперимента, и особенно для его аргументации — мы можем» использовать другую Лейденскую банку, или набор банок. Во время разряда Лейденских банок через цепь с низким сопротивлением, через нее проходит ток очень высокой частоты. Теперь пластину можно подключить к одному из покрытий второй банки. И если ее поднести к первой банке, предварительно зарядив ее от электрофорного генератора до высокого потенциала, то мы получим тот же результат, что и в первом случае, а первая банка разрядится через небольшую воздушную прослойку над разряженной второй банкой. Но обе банки и их цепи нужно настроить так, чтобы они отличались друг от друга как низкий бас от комариного писка. А так как маленькие искры будут проскакивать сквозь прослойку воздуха, то последний будет, по меньшей мере, в значительной степени напряжен, вследствие переменной электродвижущей силы, образовавшейся в результате индукции, которая возникает при разрядке одной из банок. И опять была допущена такая же ошибка. Если цепи двух банок соединены параллельно и замыкают друг друга, и если во время эксперимента банки разряжались одна за другой, а к цепи, над которой эксперимент прошел неудачно, была подключена катушка с проволокой, то вывод, что эксперимент не удался вследствие неточной настройки цепей, далек от истины.

Для двух цепей, выступающих в роли пластин конденсатора, добавление катушки к одной из них равнозначно установке перемычки между ними в виде конденсатора малой емкости в месте размещения катушки. В результате уменьшится переменная электродвижущая сила в области воздушной прослойки, что может привести к прекращению искрообразования в этой области. Все эти замечания, как и множество других, которые можно было бы добавить к имеющимся, но которые опускаются из-за опасения отвлечь внимание аудитории от основного предмета обсуждения, адресованы неопытным студентам, у которых может сложиться неоправданно высокое мнение о собственном опыте, полученном в результате наблюдений за успешными экспериментами. Данные замечания не следует рассматривать опытным исследователям как новые научные достижения.

Для того, чтобы получать надежные данные наблюдения за эффектами электрического резонанса, весьма желательно, а то и необходимо, использовать альтернатор, вырабатывающий ток, всплески и падения которого гармоничны, поскольку при работе с током, колебания которого прерывисты, полученные данные не всегда заслуживают доверия, так как многие явления, которые зависят от периода колебаний, могут быть воспроизведены на самых разных частотах. Но, даже проводя исследования с использованием надлежащего альтернатора, ученые могут допускать ошибки. При подключении электрической цепи к альтернатору возникает множество величин, относящихся к емкости и самоиндукции, которые вместе могут удовлетворять условиям резонанса. Так в механике существует несметное количество камертонов, которые относятся к звукам определенной высоты, а также сжатых пружин, имеющих строго определенный период колебаний. Но наилучший эффект резонанса может быть получен при условии, что движение распространяется в условиях наибольшей свободы. В настоящее время в механике, при изучении распространения колебаний в обычных условиях, то есть в воздухе, сравнительно мало значения придается тому, насколько один камертон больше другого, поскольку потери в воздушной среде не столь значительны. Разумеется, можно поместить камертон в сосуд с разреженным газом, тем самым уменьшить сопротивление воздуха до минимума и добиться лучшего резонансного действия. Разница будет не столь велика. Однако, если поместить камертон в ртуть, то разница будет огромной. В электрических колебаниях огромное значение придается созданию условий для наиболее свободного распространения колебаний. Величина резонансного эффекта зависит, при прочих равных условиях, от количества электричества, задействованного в движении, или, иначе, от силы тока, текущего через цепь. Но цепь противодействует прохождению тока своим импедансом, и поэтому, для того, чтобы получить наилучший результат, необходимо снизить импеданс до минимума. Преодолеть сопротивление полностью невозможно, но можно частично, потому что преодолеть омическое сопротивление

преодолеть нельзя. Когда частота импульсов очень высока, то движение тока обуславливается практически только самоиндукцией. Сейчас преодолеть самоиндукцию можно, если объединить ее с емкостью. Если отношения между емкостью и самоиндукцией установить таким образом, чтобы на используемой ими частоте они взаимно аннулировали друг друга, то есть чтобы установились значения, удовлетворяющие условиям возникновения резонанса, и пропустить большое количество электричества через внешнюю цепь, то будет достигнут наилучший результат. Подключить конденсатор последовательно к катушке самоиндукции не составляет труда. Совершенно очевидно, что в таких комбинациях, применительно к определенной частоте и только в отношении основных колебаний, условия для получения наилучшего результата, достигаются, когда конденсатор подключен параллельно к катушке самоиндукции, причем значительно более лучшие, нежели при последовательном соединении. На практике их можно комбинировать. Для проведения эксперимента при параллельном подключении конденсатора к катушке, можно взять катушку с малой самоиндукцией и конденсатор большой емкости, либо конденсатор малой емкости и катушку с большой самоиндукцией. Последний вариант предпочтительнее, поскольку довольно неудобно настраивать большую емкость маленькими шагами. При использовании катушки с очень большой самоиндукцией, предельная емкость конденсатора снижается до очень малой величины, а емкость самой катушки может оказаться значительной. Совсем несложно, а тем более зная некоторые хитрости, изготовить катушку, сопротивление которой снижено до величины омического сопротивления. Известно также, что для любой катушки можно подобрать частоту, при которой она пропускает максимальное количество тока. Результаты наблюдений за взаимоотношениями между самоиндукцией, емкостью и частотой приобретают большое значение применительно к устройствам, работающим от переменного тока, таких как трансформаторы и электродвигатели потому, что если правильно подобрать элементы, можно избежать необходимости использования дорогостоящего конденсатора. Потому и невозможно пропустить через катушки электродвигателя переменного тока при нор-

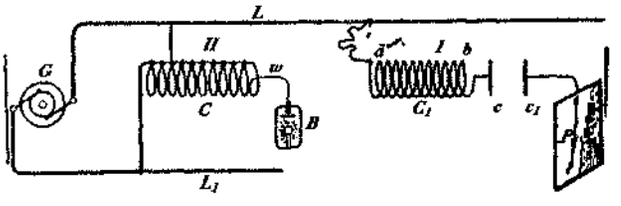


Рис. 20.

мальных рабочих условиях необходимое количество тока со слабой электродвижущей силой, и полностью избавиться от паразитного тока. И чём больше электродвигатель, тем легче осуществить этот план, однако, для этого необходимо задействовать ток очень высокого напряжения и высокой частоты.

На Рис. 20 I представлен план, которому следовали при изучении резонансных эффектов с использованием высокочастотного генератора переменного тока, где C_1 — катушка, состоящая из большого количества витков, которая для удобства настройки разделена на множество небольших секций. Окончательная настройка иногда проводилась при помощи нескольких тонких железных проводов (хотя это и не рекомендуется), либо при помощи вторичной обмотки. Катушка C_1 одним своим выходом соединена с контуром "*L*", идущим от генератора *G,* а другим выходом с одной из пластин *C* конденсатора *C* C_1. Пластина C_1 конденсатора подключена к значительно большей по размерам пластине *Pj.* Таким образом, параметры емкости и самоиндукции оказались настроены на частоту динамо-машины.

Что касается возрастания потенциала при резонансе, то, разумеется, теоретически он может вырасти до любого значения, поскольку это зависит от самоиндукции и сопротивления. Но на практике величина потенциала ограничивается параметрами самоиндукции и

сопротивления, а также другими обстоятельствами. Можно начать, скажем, с 1,000 вольт и увеличить величину электродвижущей силы в 50 раз, но невозможно начать со 100,000 вольт и увеличить ее в 10 раз потому, что потери в среде очень велики, особенно при высокой частоте. Вполне реально начинать эксперимент, например, с двух вольт, получаемых от цепи высокой, или низкой частоты, либо от динамо-машины и увеличить величину электродвижущей силы в несколько сот раз. Таким образом, катушки соответствующих размеров могут быть подключены к сетевой розетке динамо-машины со слабой электродвижущей силой только одним своим выходом. Однако, даже если цепь машины не замкнута, в обычном значении этого термина, то при возникновении соответствующего резонансного эффекта динамо-машина может сгореть. Мне не удавалось добиться самому, как и наблюдать, что кто-то сумел получать такую величину потенциала от тока, вырабатываемого динамо-машиной. Но вполне возможно, и совсем не кажется невероятным, что если использовать ток от аппарата, содержащего железо, то негативное влияние железа может стать причиной, по которой эти теоретические возможности окажутся нереализуемыми. И если это так, то я могу объяснить сие исключительно гистерезисом, а также потерями от токов Фуко в сердечнике. В общем, если электродвижущая сила слаба, то ее нужно усиливать. Обычно это делается при помощи индукционной катушки обычной формы, но в некоторых случаях можно использовать устройство, изображенное на Рис. II. В этом случае, катушка *C* состоит из большого числа секций, часть из которых используются в качестве первичной обмотки. Таким образом, и первичная и вторичная обмотки становятся регулируемыми. Один выход этой катушки подключен к контуру *L j,* а другой контур *L* соединен с промежуточной частью катушки. Такая катушка с регулируемыми первичной и вторичной обмотками, также может оказаться удобной для проведения экспериментов с пробивными электрическими разрядами.

Я бы хотел сказать несколько слов в отношении предмета, который в контексте резонансных явлений и проблемы передачи энергии по одному проводу, занимает все мои мысли, и который касается всеобщего благосостояния. Я имею в виду передачу четких сигналов, а возможно даже энергии, на любое расстояние без использования проводов. На днях я пришел еще к большему убеждению, что подобная схема реализуема. Я отдаю себе отчет в том, что большинство ученых не поверят в возможность достижения этих результатов на практике и немедленно, однако, как мне думается, все понимают, что разработки последних лет нескольких специалистов заслуживают более пристального внимания, и проведения экспериментов в этом направлении. Моя убежденность возросла до такой степени, что я уже больше не рассматриваю этот проект по передаче энергии, или информации как исключительно теоретическую возможность. Мне она представляется как серьезная электротехническая задача, которой необходимо посвятить хотя бы несколько дней. Идея передачи информации без использования проводов возникла как естественное продолжение самых последних результатов исследований электрической энергии. Несколько энтузиастов выразили убежденность, что вполне возможно создать телефонию по воздуху на любое расстояние при помощи индукции. Моя фантазия не зашла так далеко, но я твердо убежден, что при помощи мощных машин можно нарушать электростатические условия земли и таким образом передавать информацию и возможно даже энергию. В самом деле, что мешает практическому выполнению данной схемы? Сейчас мы уже знаем, что электрические колебания можно передавать посредством одного провода. Тогда почему бы не попробовать использовать для этих целей землю? Мы не должны пугаться фактора расстояния. Для утомленного путника, считающего верстовые столбы, земля может показаться очень большой. Однако для самого счастливого человека - астронома, устремляющего свой пристальный взгляд в небеса, по сравнению с теми масштабами, земля кажется совсем маленькой. И я думаю, что для электрика, когда он задумывается над тем, с какой скоростью распространяются электрические колебания по земле, все представления о расстоянии пропадают напрочь.

Самое главное, что в первую очередь нужно узнать — это емкость земли, и каков ее электрический заряд, если ее наэлектризовать? Поскольку мы не располагаем доказательствами того, что в космосе не существуют тела, имеющие определенный электрический заряд, а также

другие тела с противоположным зарядом, находящиеся недалеко от первых, то существует слабая вероятность того, что земля представляет собой именно такое тело, которое в результате какого-то процесса отделилось от остальных — это общепризнанная гипотеза происхождения земли. А если это так, то она должна нести в себе определенный электрический заряд, как происходит при механическом разделении тел. Если она является заряженным телом, изолированным в пространстве, то тогда ее емкость должна быть очень маленькой, менее одной тысячной фарады. Однако верхний слой атмосферы является токопроводящим. Следовательно, возможно, что открытом космосе, за границами атмосферы есть среда, которая имеет противоположный заряд. В этом случае емкость земли может оказаться несоизмеримо больше. В любом случае, очень важно узнать, какое количество электричества содержит земля. Трудно сказать, обретем ли мы когда-нибудь столь необходимые знания? Но если и сможем, то только при помощи электрического резонанса. Если мы когда-нибудь сможем установить период зарядки земли, период возбуждения колебаний по отношению к противоположно заряженной системе, или известной цепи, мы обретем знания, которые, возможно, будет иметь наибольшую значимость для благосостояния человечества. Я предлагаю постараться определить этот период при помощи электрического осциллятора, либо при помощи источника переменного электрического тока. Одна из клемм источника должна быть подключена к земле, например, к городской системе водоснабжения, а другая — к изолированному телу с большой поверхностью. Возможно, что внешний токопроводящий слой атмосферы, или открытый космос имеют противоположный земле заряд, тогда они с землей образуют конденсатор огромной емкости. В этом случае период колебаний может оказаться очень низким, тогда динамо-машина переменного тока вполне может подойти для целей эксперимента. Затем, я бы преобразовал электрический ток в максимально возможный потенциал и подсоединил бы выходы вторичной обмотки высокого напряжения к земле и к изолированному телу. Изменяя частоту тока и тщательно фиксируя величину потенциала изолированного тела, а также наблюдая за возбуждениями на различных соседних точках земной поверхности, можно заметить явление резонанса.



Рис. 21.

Если период колебаний окажется слишком маленьким, как по всей вероятности полагают большинство ученых, то динамо-машина будет бесполезна, и придется изготовить надлежащий электрический осциллятор. Но, возможно, и в этом случае окажется невозможным получить столь быстрые колебания. Однако вне зависимости от того, возможно, это, или нет, содержит земля заряд, или нет, и каков может быть период колебаний — не подлежит ни малейшему сомнению тот факт, и мы днями имели тому доказательство, что можно вырабатывать электрическое возбуждение достаточно мощное, чтобы его можно было принимать при помощи удобных инструментов в любой точке земной поверхности.

Предположим, что источник переменного тока подключен так, как показано на Рис. 21: одной своей клеммой к земле (удобней всего к магистралям водоснабжения), а другой к телу с большой поверхностью *P*. При возникновении электрических колебаний, произойдет движение электрического тока в направлении тела *P* и от него. Переменный ток, проходя по земле, будет сосредоточиваться в, и рассредоточиваться от точки *C* — точки, где установлено соединение с землей. Таким образом, произойдет возбуждение в соседних точках на земной поверхности, расположенных в определенном радиусе. Но сила возбуждения уменьшается с увеличением расстояния. Следовательно, расстояние, на котором данный эффект можно будет воспринимать, будет зависеть от количества электричества, находящегося в движении. Одним из ограничений величины

потенциала тела *P* является площадь его поверхности, поэтому они изолировано, а для того, чтобы зарядить его, необходим источник энергии большой мощности. Необходимо также создать условия, при которых генератор или источник *S* создавал бы одно и то же движение электричества, как если бы его цепь была замкнута. Таким образом, при наличии соответствующего оборудования, определенно вполне реально передавать Земле электрические колебания по крайней мере, при малом периоде. Остается только догадываться, на каком удалении от источника эти колебания можно принимать. Я бы хотел поведать вам еще об одном соображении, непосредственно касающегося вопроса об отношении земли к электрическому возбуждению. Несомненно, что в данном эксперименте, на поверхности земли может иметь место определенная плотность электричества, но очень-очень маленькая, в силу размеров земли. Это доказывается тем, что атмосферный воздух не является сильным дестабилизирующим фактором, то есть при распространении электрических колебаний по воздуху не происходят больших потерь энергии, что могло бы иметь место в случае, если бы плотность электричества на поверхности земли была бы большой. Теоретически, для того, чтобы создать возбуждение, которое можно было бы принимать на большом расстоянии от источника, или даже в любой точке земной поверхности, не требуется большого количества энергии. Сегодня уже совершенно ясно, что в любой точке, находящейся в рамках определенного радиуса удаления от источника о, при помощи резонанса можно привести в действие устройство с надлежащим образом подобранными параметрами самоиндукции и емкости. Но можно сделать не только это. Можно синхронизовать работу источника S с работой другого источника *Sj,* подобного первому, или любого количества таких источников. Это даст возможность усиливать колебания и распространять их по большой территории, либо осуществлять транспортировку электрической энергии, произведенной источником *Sj,* к источнику *S* при условии, что они работают в противофазе. Я думаю, что нет сомнений в том, что при помощи резонанса, вполне возможно в городских условиях приводить в действие электрические устройства от электрического осциллятора, находящегося в центральной точке, через систему трубопроводов, или по земле. Однако практическое решение этой проблемы принесло бы несоизмеримо меньше благ людям, нежели претворение в жизнь программы, позволяющей передавать информацию, а, возможно, и энергию, через землю, или окружающую среду. Рис 21. Если это в целом возможно, то расстояние уже не имеет никакого значения. В первую очередь необходимо изготовить соответствующие устройства, при помощи которых мы начнем наше наступление на эту проблему. Я посвятил немало времени и умственного напряжения данной теме, и полностью убежден, что это можно осуществить. Я также надеюсь, что мы доживем до того момента, когда это будет реализовано.

О СВЕТОВЫХ ЯВЛЕНИЯХ, ВЫЗЫВАЕМЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ТОКОМ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ, И ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ЭТОМУ ВОПРОСУ

Возвращаясь к световым эффектам, которые были основным предметом исследования, было бы правильным разделить все эффекты на четыре класса: 1. Нагрев твердого тела до белого каления. 2. Свечение. 3. Накал, или фосфоресценция разреженного газа. 4. Яркий свет в газовой среде при обычном давлении. Первый вопрос: "Чем вызваны эти световые эффекты?". Для того, чтобы дать исчерпывающий ответ на этот вопрос в свете принятых концепций, с учетом имеющегося опыта, и для того, чтобы вызвать дополнительный интерес к этой показательной лекции, мне необходимо подробно остановиться на одной особенности, которая мне представляется очень важной, поскольку она обещает, помимо всего прочего, пролить больше света на природу большинства явлений, вызываемых электрическим током высокой частоты. Как я уже отмечал, очень важно, чтобы проводник, через который проходит переменный ток высокой частоты, находился в атмосфере разреженного газа, либо в атомической среде в целом, поскольку это влияет на нагревание проводника током. Мои эксперименты, описанные некоторое время тому назад, показали, что чем больше частота и разность потенциалов, тем большее значение

приобретает разреженный газ, в который погружен проводник, как фактор, влияющий на нагрев. Однако разность потенциалов, что я также уже отмечал, является более важным элементом, нежели частота. Если и разность потенциалов, и частота достаточно высоки, то благодаря наличию разреженного газа можно добиться почти полного нагревания. В предстоящих экспериментах будет продемонстрировано, как влияет разреженный газ, или в общем смысле, газ при обычном давлении и при других показателях давления, на накал, или на другие световые эффекты, вызванные подобного рода током.

Я взял две обычные 50-вольтовые лампы в 16 свечей с одинаковыми показателями по всем параметрам. Их отличие состояло в том, что у одной из них была открыта верхняя часть, так что воздух заполнил колбу лампы, а другая оставалась в своем промышленном исполнении и сохранила соответствующую степень разряженности воздуха внутри колбы. Когда я подсоединил лампу с разряженным воздухом к клеммам вторичной обмотки катушки, которую я уже использовал, как, например, в экспериментах, изображенных на Рис. 15a, и включил ток, то нить накала, как Вы уже видели раньше, раскалилась добела. Когда я, вместо предыдущей, подключил вторую лампу, заполненную обычным воздухом, то нить накала также стала излучать свечение, но значительно менее яркое. Этот эксперимент лишь частично подтверждает истинность утверждений, которые я изложил выше. Здесь отчетливо продемонстрирована важность наличия вокруг нити накала разреженного воздуха, но не настолько, насколько хотелось бы. Дело в том,

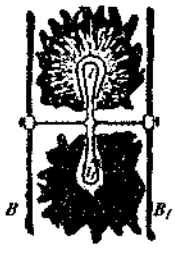


Рис. 22a.

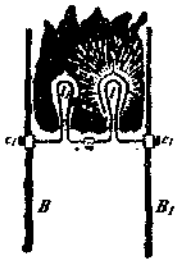


Рис. 22b.

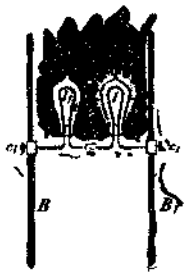


Рис. 22c.

что вторичная обмотка катушки, состоящая всего лишь из 150 витков, предназначена для выработки низкого напряжения, и, следовательно, разность потенциалов на клеммах лампы была низкой. Если бы я воспользовался другой катушкой, с большим количеством витков на вторичной обмотке, то эффект был бы более заметным, так как, как уже отмечалось ранее, он частично зависит от разности потенциалов. Но так как эффект подобный этому зависит также от частоты, было бы справедливым утверждение, что он зависит от периода времени, в пределах которого происходит изменение разности потенциалов. Чем больше изменение, тем более важное значение приобретает газ как элемент нагрева. Я могу добиться более высокой частоты изменений другим способом, которым, можно развеять любые возражения, которые могли бы возникнуть в отношении только что показанного эксперимента, даже если обе лампы соединены последовательно, или множество ламп подключено к катушке. Но при этом последствия реакций, возникающих между первичной и вторичной катушками, не столь очевидны. Этого результата я добился заряжая блок конденсаторов через обычный трансформатор, который работал от источника переменного тока, а затем разряжая конденсаторы напрямую через цепь с малой самоиндукцией. Схема соединения показана на Рис. 19a, 19b и 19c.

На Рис. 22a, 22b и 22c тяжелые медные бруски *B Bj* соединены с противоположными слоями блока конденсаторов, или, в общем, таким образом, чтобы через них проходил бы ток высокой частоты, или неожиданный разряд.

Я подключил обычную 50-вольтовую лампу накаливания к брускам при помощи крепежей *C* C. Во время прохождения разрядов через лампу, нить накаливания оставалась раскаленной, несмотря на то, что ток, проходящий через нее, был очень мал, и его вряд ли было бы достаточ-

но для производства видимого эффекта в условиях обычного использования лампы. Вместо не в данном эксперименте я подключил к брускам другую лампу, точно такую же, как и первая только с нарушенной изоляцией, в результате чего она оказалась заполненной воздухом под обычном давлении. В этом случае, когда разряды проходят через нить накаливания, она не раскаляется. Но этот результат можно было бы приписать одной из множества возможных реакций. Поэтому я расположил лампы параллельно, так, как это показано на Рис 22a. При прохождении разрядов через обе лампы, нить накала лампы *L,* с колбой содержащей разреженный газ, сияет ярким светом, тогда как вторая лампа, в колбе которой воздух под обычным давлением, остается темной, как и раньше. Однако было бы ошибочным полагать, что последняя лампа потребляет меньшую часть энергии, подаваемую на обе лампы. Наоборот, она может потреблять весьма значительную часть энергии и может быть даже горячее той, что светит ярко. В этом эксперименте разность потенциалов на клеммах ламп изменяется, по теоретическим расчетам, от трех до четырех миллионов раз в секунду. Когда концы нитей накаливания наэлектризованы соответствующим образом, и газ в колбах приходит в неистовое движение, то значительная часть подаваемой электрической энергии преобразуется в тепловую энергию. В лампе с обычным давлением воздуха находится в несколько миллионов раз больше молекул воздуха, нежели в лампе с разряженным воздухом. Бомбардировка молекулами воздуха, которая наиболее интенсивна на концах нити накаливания, на шейке лампы, потребляет значительную часть энергии не производя при этом видимого эффекта. Дело в том, что чем больше молекул тем эффективнее бомбардировка, но эффективность каждой отдельной молекулы очень низка в силу того, что находясь в тесном окружении себе подобных они не могут развить большую скорость. В лампе с разреженным газом, напротив, скорости очень высоки, а соответственно и эффективность отдельных молекул, что и обуславливает производство видимого эффекта, несмотря на то, что конвекция тепла в первой лампе больше. Сила тока, протекающего через обе лампы очень мала — несоизмеримо меньше той, которая им потребовалась бы для работы в обычной низкочастотной цепи. Однако разность потенциалов на концах нити накала очень высока и может достигать 20,000 вольт и более, если нить имеет прямую форму, а ее концы расположены достаточно далеко друг от друга. В обычной лампе, в большинстве случаев, искра между концами нити накаливания, или между платиновыми проводами вне ее, возникает при значительно меньшей разнице потенциалов.

Можно было бы возразить, что в этом эксперименте при параллельном соединении ламп, лампа с разряженным воздухом может отбирать большую часть электрической энергии, и в этом случае наблюдаемый эффект не мог бы быть безусловно ассоциирован с действием газа в лампах. Подобные сомнения развеялись, если бы я подсоединил лампы последовательно — результат был бы тот же. После того как все подключения выполнены и разряды пошли через нити накала ламп, вновь отмечается, что нить накала лампы *L/,* с обычным давлением газа, остается темной, тогда как лампа *L,* с разреженным газом светит даже ярче, чем при нормальных для нее условиях работы, см. Рис. 22b. Если следовать общим представлениям, то сила тока, проходящего через нити накаливания обеих ламп, должна быть одинаковой, поскольку присутствие газа вокруг нитей накаливания не влияет на него.

А сейчас я бы хотел заострить Ваше внимание еще на одном интересном свойстве, наглядно демонстрирующем эффект, зависящий от частоты изменения потенциала электрического тока. Возьмем две лампы, последовательно соединенные между собой, и подключим их к брускам *B Bj* так же, как и в предыдущем эксперименте, Рис 22b, но при этом значительно уменьшим частоту тока, которая ранее была очень высокой. Это можно сделать при помощи катушки самоиндукции, добавив ее в цепь, по которой проходят разряды, либо путем увеличения емкости конденсаторов. Пустив низкочастотные разряды конденсаторов через лампы, мы обнаруживаем, что лампа с разреженным воздухом *L* светит столь же ярко, как и в предыдущем эксперименте, а нить накала лампы с обычным воздухом *L j* также нагревается, хотя и не столь сильно как другая. Уменьшая силу тока, мы можем довести накал нити у лампы с не разреженным воздухом до красноты, но накал нити у лампы с разреженным воздухом останется ярким, Рис 22c, и это при том, что степень накала намного меньше, чем в ситуации,

изложенной на Рис 22Ь, когда использовался ток очень высокой частоты.

В этих экспериментах газ действует в двух противоположных направлениях, непосредственно влияя на степень нагрева нитей накаливания: конвекция и бомбардировка. Чем выше частота и напряжение тока, тем большее значимой становится бомбардировка, а конвекция, наоборот — с увеличением частоты должна уменьшаться. При постоянном токе бомбардировки практически не происходит, и следовательно конвекция может существенно влиять на степень накала. В результате мы наблюдаем картину похожую на предыдущую. Таким образом, если две одинаковые лампы, одна из которых с разреженным газом внутри, а другая с не разреженным, подсоединены последовательно, или параллельно к генератору постоянного тока, то для того, чтобы нить накала лампы с не разреженным газом оставалась раскаленной требуется электрический ток значительно большей силы. Это происходит исключительно благодаря конвекции, а эффект становится более заметен при меньшей толщине нити накала. Некоторое время тому назад профессор Айртон и г-н Килгур опубликовали результаты количественных

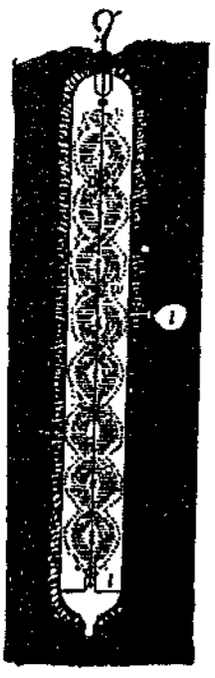


Рис. 23.

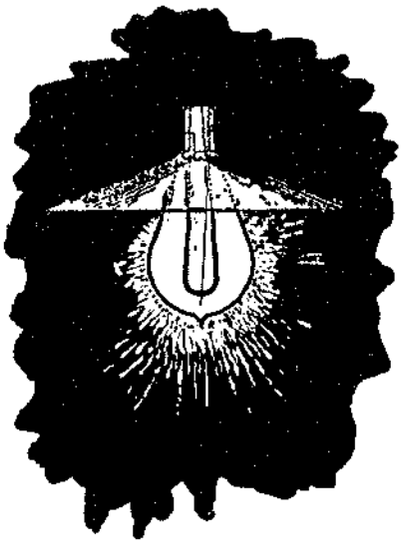


Рис. 24.

исследований, относящихся к термальной лучеиспускаемости, при излучении и конвекции, в которых был ясно продемонстрирован положительный эффект использования тонких проводов. Этот эффект можно красиво продемонстрировать, если подготовить несколько маленьких, коротких стеклянных трубок, внутрь которых вдоль продольной оси поместить самую тонкую из платиновых проволок, которую можно достать. Если в этих трубках создать максимально возможное разрежение воздуха, затем несколько трубок соединить параллельно и подключить к генератору постоянного тока, то во всех этих трубках можно поддерживать накал, затрачивая намного меньше электрического тока, нежели это необходимо для поддержания накала в одной трубке, в которой не создано разрежение воздуха. Если бы было возможно создать такое разрежение, при котором конвекция была бы нулевой, то тогда без особого труда можно было бы вычислить количество тепла выделяемого при конвекции и излучении, используя количественные термальные измерения. Если задействовать источник электрических импульсов высокой частоты и очень высокого напряжения, то можно было бы взять большее количество трубок и проводов для поддержания в них накала при помощи электрического тока такой силы, которой явно не хватило бы на то, чтобы нагреть провод такого же размера, находящего в окружении

воздуха под обычным давлением.

Я бы хотел в данной лекции описать результат, который еще более интересен и который был получен в результате наблюдений за этими явлениями. Как уже отмечалось, небольшие изменения плотности воздуха приводят к значительным изменениям в степени накала проводов; Поэтому я предположил, что поскольку в трубке, через которую проходит световой разряд, плотность газа не одинакова в разных местах, то очень тонкий провод, помещенный внутрь трубки, может достигать высшей степени накала в местах, где плотность газа меньше, и достигать меньшей степени накала в местах с большей плотностью, где конвекция больше, а бомбардировка меньше. Поэтому была изготовлена трубка *t,* см. Рис. 23, внутри которой имелась очень тонкая платиновая проволока *W.* Плотность воздуха в трубке была средней степени разреженности. Когда она была подключена к клеммам высокочастотной катушки, то обнаружилось, что, на самом деле, накал платиновой проволоки *W* был не равномерный, см. Рис. 23. Впоследствии было изготовлено некоторое количество таких трубок с одной, или несколькими проволоками внутри, и каждая из них демонстрировала тот же результат.

Самый лучший эффект был отмечен, когда в трубке произошел полосатый разряд. Подобный эффект также проявился когда полосы были невидимы, демонстрируя тем самым, что даже в этом случае плотность газа в трубке была не однородной. В целом, расположение полос было таково, что участки с большей разреженностью соответствовали местам на проволоке *W* с белым накалом, или с наибольшей яркостью. В некоторых случая было замечено, что яркие участки на проволоке оказались покрыты плотными участками полосатого разряда, они обозначены литерой l на Рис. 23, однако, этот эффект был едва различим. Данный факт довольно убедительно объясняется тем, что конвекция в плотных и разреженных местах разнилась не очень сильно, а бомбардировка была более интенсивной в местах с большей плотностью полосатого разряда. В действительности, часто наблюдалась картина, когда при определенных условиях тонкая проволока раскалялась добела в трубке, где разреженность воздуха была невысокой. Это происходило тогда, когда напряжение па катушке было недостаточно высоким для вакуума, и могло быть вызвано различными причинами. Но во всех случаях это любопытное явление накала исчезало, когда температура трубки, или, точнее, проволоки становилась равномерной.

Если не принимать во внимание эффект, вызываемый конвекцией, то выделяются две явные причины, которые вызывают накал проволоки, или нити накаливания: ток проводимости и бомбардировка. При слабом токе мы имеем дело только с первой из указанных причин, а тепловое действие минимально потому, что минимально сопротивление для слабого тока. При изменении силы тока, увеличивается сопротивление, и как следствие усиливается тепловой эффект. Если частота тока очень высока, то сопротивление может возрасти до такой степени, что нить накала раскаляется до белого каления даже при очень слабой силе тока. Таким образом, мы можем взять короткий и толстый брикет угля, или другой материал, и довести его до белого каления при помощи тока, сила которого несоизмеримо меньше той, которая требуется для достижения белого каления нити накала обычной лампы при помощи постоянного тока, или тока низкой частоты. Это очень важный результат, который наглядно показывает, как быстро меняются наши взгляды на этот счет и насколько быстро увеличивается объем наших знаний.

Если рассматривать явление свечения накала только в рамках его практического успеха, то для этого совершенно необходимо соблюдение двух условий: нить накала должна быть тонкой и обладать высоким сопротивлением. Но сейчас мы уже знаем, что сопротивление нити накала для тока слабой силы не имеет никакого значения. Нить накала может быть также толстой и короткой, поскольку ее можно довести до состояния белого каления при помощи тока слабой силы, если ее поместить в среду разреженного газа. Все это зависит от частоты и напряжения тока. Из этого можно сделать заключение, что использование тока высокой частоты для работы ламп накаливания предоставляет очевидные преимущества: он позволяет использовать короткую и толстую нить накала и ток слабой силы.

Если проволоку, или пить накала поместить в однородную среду, то нагрев происходит благодаря току проводимости. Но если ее поместить в сосуд с вакуумом, то это означает

изменение условий работы кардинальным образом. В однородной среде газ начинает работать, а для теплового эффекта, как это было продемонстрировано во множестве экспериментов, ток проводимости имеет намного меньшую значимость, по сравнению с бомбардировкой. Это особенно важно, когда система не представляет собой замкнутую электрическую цепь и, разумеется, при очень высокой разности потенциалов. Представьте себе тонкую нить накала, помещенную в сосуд с вакуумом, один конец которой соединен с клеммой катушки высокого напряжения, а другой конец с большой изолированной пластиной. Несмотря на то, что цепь не замкнута, нить накала, как я уже показывал ранее, раскаляется до белого каления. Если частота и разность потенциалов сравнительно невелики, то нить накала нагревается током, проходящим через нее. Если увеличить частоту, и что более важно, разность потенциалов, то необходимость в использовании изолированной пластины остается, но очень небольшая, и ее вполне можно



Рис. 25.



Рис. 26.

исключить. А поскольку в этом случае нить накала будет оставаться раскаленной, то можно сделать вывод, что нагрев происходит благодаря бомбардировке. Практический вариант сочетания обоих эффектов: тока проводимости и бомбардировки, представлен на Рис.24. На этом рисунке представлена обычная лампа с очень тонкой нитью накала, один конец которой соединен с защитным экраном, выполняющего функции изолированной пластины, а другой конец соединен с клеммой источника высокого напряжения. Не стоит полагать, что только разреженный газ является значимым фактором для нагревания проводника переменным током, газ при обычном давлении тоже может быть очень важен, если разность потенциалов и частота тока чрезмерны. По этому вопросу я уже отмечал, что когда проводник оплавляется в результате удара молнии, то ток, проходящий через него, может очень слабым. Возможно, его было бы недостаточно для ощутимого нагрева проводника, находящегося в однородной среде.

Учитывая вышеизложенное, становится ясно, что когда проводник, обладающий высоким сопротивлением, соединен с клеммами источника тока высокой частоты и большой разницы потенциалов, может происходить существенное рассеивание энергии, в особенности на концах проводника, возникающее вследствие воздействия газа, окружающего проводник. Поэтому, сила тока на участке проводника, расположенного на равном удалении от его концов, может быть значительно меньше, нежели на участках, расположенных ближе к его концам. Более того, ток, проходящий по внешним участкам проводника, можно почувствовать кожей, или, как его часто называют, в результате кожного эффекта. Этот эффект может также проявляться в постоянной несжимаемой среде. Если последовательно соединить большое количество ламп

накаливания и подключить их к источнику тока такого типа, то мы заметим, что лампы, расположенные ближе к концам цепи горят ярко, а лампы, расположенные в середине цепи могут оставаться полностью темными. Подобное происходит, как уже отмечалось, исключительно благодаря бомбардировке. Но даже если мы используем постоянный ток с большим напряжением, лампы на концах цепи будут светиться ярче, чем лампы в середине цепи. В этом случае не происходит ритмичной бомбардировки, а результат достигается исключительно вследствие утечки энергии. Утечка, или рассеивание энергии в пространство при высоком напряжении весьма ощутимы при использовании ламп накаливания, однако, подобные потери еще более значительны при использовании электрической дуги в качестве источника пламени. В целом, безусловно, рассеивание энергии при использовании постоянного тока, значительно меньше, чем при использовании переменного тока.

Я провел эксперимент, который весьма любопытным образом иллюстрирует эффект горизонтальной диффузии. Если очень длинную трубку подсоединить к клемме катушки высокой частоты, то наиболее яркое свечение наблюдается вблизи клеммы, а по мере удаления от клеммы, свечение плавно угасает. При использовании узкой трубки, данный эффект

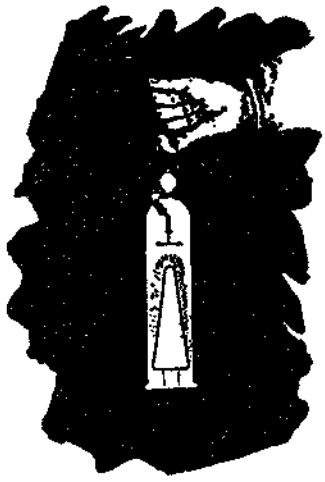


Рис.27.



Рис.28,

проявляется еще более отчетливо.

У маленькой трубки, диаметром около половины дюйма, и длиной в двенадцать дюймов, один конец которой вытянут в тонкую нить f (Рис. 25) длиной около трех футов. Трубка помещена в латунный патрон *T,* который накручивается на клемму *Tj* индукционной катушки. Разряд, проходящий через трубку, сначала освещает дно, которое составляет ее значительную часть. Но по длинной стеклянной нити разряд пройти не может. Однако постепенно разреженный газ внутри трубки нагревается и становится боле токопроводящим, в результате чего разряд распространяется через стеклянную нить. Это распространение настолько слабо, что может потребоваться около половины минуты, а то и более для того, чтобы разряд прошел от начала до конца стеклянной нити, и обозначил свое появление ярким свечением на тонком срезе нити. Регулируя величину потенциала на клемме, можно добиться того, чтобы свет распространялся по трубке с любой скоростью. Однако когда стеклянная нить нагреется, то разряд проходит по всей ее длине мгновенно. Следует отметить интересную деталь: чем выше частота тока, или, другими словами, чем больше горизонтальная диффузия, тем более медленным может быть распространение света по стеклянной нити. Лучше всего проводить этот эксперимент на свежеизготовленной трубке с очень высоким разрежением внутри. После нескольких раз использования трубки, часто эксперимент не получается вовсе. Возможно, это вызвано постепенным и медленным нарушением вакуума в трубке. Это медленное распространение разряда через очень тонкую стеклянную трубку, представляет собой точный

аналог распространения тепла через брусок, нагреваемый с одного конца. Чем быстрее тепло распространяется вширь, тем больше времени потребуется для того, чтобы нагреть противоположную сторону бруска. Когда ток катушки низкой частоты проходит от начала до конца стеклянной нити, то в это время горизонтальная диффузия мала, а разряд проходит мгновенно и без потерь.

I После того, как результаты этих экспериментов и наблюдений показали важность того, что атомная структура среды неоднородна, и могут служить для объяснения природы по меньшей мере четырех видов электрических эффектов, производимых этими токами, я могу продемонстрировать Вам эти эффекты. Для того, чтобы пробудить у Вас еще больший интерес, я могу провести эти эксперименты способом, который будет для Вас новым. Как Вы уже раньше видели, мы можем передавать электрические колебания телу при помощи одного провода, или любого другого проводника. Поскольку человеческое тело является проводником электрического тока, то я могу передавать электрические колебания через свое тело.

Сначала, в некоторых своих предыдущих экспериментах, я подключал свое тело к одной из



Рис.29.

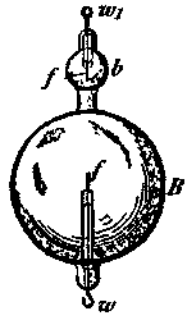


Рис.30.

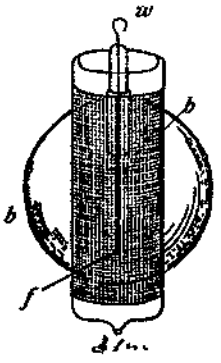


Рис.31.

клемм трансформатора высокого напряжения, и брал в руку лампу с разреженным воздухом внутри, в которую был вмонтирован угольный электрод. Этот электрод располагался на платиновой проволоке и выходил за пределы стеклянной колбы, то есть наружу. Как только включался трансформатор, этот угольный электрод раскалялся добела (Рис. 26). Я мог поместить на лампу абажур из токопроводящего материала для усиления эффекта, но в этом не было необходимости. Также не было необходимости устанавливать соединение электрода с рукой через провод, проходящий сквозь стекло, поскольку через стекло могло проходить достаточное количество индуктивной электрической энергии для того, чтобы обеспечить белое каление электрода.

Затем, я взял лампу с сильно разреженным газом, внутри которой находилось сильно фосфоресцирующее тело. Над этим телом располагается маленькая алюминиевая пластина на платиновой проволоке, выходящей наружу. Когда ток проходил через мое тело, то вызывал сильное свечение в лампе (Рис. 27). Когда я вновь взял в руку простую трубку с разреженным воздухом внутри, то точно также, газ внутри трубки стал излучать свет (Рис. 28). Наконец, я могу взять в руку провод, оголенный, или покрытый толстым слоем изоляции — в данном случае это несущественно. При этом интенсивность электрических колебаний настолько высока, что на поверхности провода возникает светящаяся пленка (Рис. 29).

Я думаю, что на этих явлениях необходимо остановиться немного подробнее. В первом случае я буду рассматривать свечение электрода, или свечение твердого тела в целом, и приведу несколько фактов, которые имеют непосредственное отношение ко всем этим явлениям. Уже

отмечалось раньше, что при подключении одного конца тонкого проводника, такого как нить накала лампы, к клемме трансформатора высокого напряжения, нить накала начинает излучать свечение, вызванное двумя факторами: током проводимости и бомбардировкой. Чем короче и толще нить накала, тем более важной становится бомбардировка. И если представить себе нить накала в форме капли, то в этом случае тепловой эффект будет достигаться исключительно бомбардировкой.

Так, в ранее продемонстрированном эксперименте, электрод накаляется из-за ритмичного воздействия свободно движущихся маленьких тел в лампе. Эти тела могут быть молекулами оставшегося газа, частичками пыли или фрагментами оторвавшегося электрода. Очевидно, что нагревание кнопки существенно зависит от давления в лампе, при котором движутся свободные частицы или атомное вещество. Нагревание еще более увеличивает число соударений в секунду и усиливает энергию каждого взаимодействия. Кроме того, электрод будет нагреваться даже в том случае, если он будет подсоединен к источнику устойчивого потенциала. В этом случае электрический ток будет переноситься от электрода свободно передвигающимися, или летающими вокруг частицами. Количество электричества, при прохождении через электрод будет достаточно, чтобы довести его до белого накала. Но в этом случае бомбардировка не будет иметь большого значения. По этой причине требуется относительно большое количество энергии, поступающей на электрод, дабы обеспечить поддержание состояния белого каления при постоянной разности потенциалов. Чем больше частота электрических импульсов, тем более экономично можно поддерживать накал электрода.

Я полагаю, что одной из главной причин этого является то, что при наличии импульсов очень высокой частоты происходит менее интенсивный обмен молекулами между частицами, свободно движущимися вокруг электрода, и поэтому нагретая в лампе среда лучше удерживается в районе электрода. Если изготовить двойную лампу, такую как на рисунке 30, состоящую из большой сферы *B* и маленькой b, каждая из которых содержит нить накала, установленную на платиновой проволоке *W* и W_1, то при условии, что обе нити накала абсолютно одинаковы, обнаружится, что для поддержания определенной степени накала нити в сфере "b" требуется значительно меньше энергии, нежели для нити сферы *B*. Это является следствием ограниченной возможности движения частиц вокруг электрода. Кроме того, установлено, что в этом случае нить накала в сфере b меньше разрушается при работе в течение определенного периода времени в режиме белого каления. Из этого факта необходимо сделать вывод, что газ в маленькой лампе нагревается сильнее, поэтому становится лучшим проводником и требуется меньшая работа, чтобы воздействовать на электрод, так как бомбардировка становится менее интенсивной при увеличении электропроводности газа. Конечно, в этой конструкции маленькая лампа становится очень горячей и когда она нагревается до очень высокой температуры, то увеличивается конвекция и тепловое излучение наружу. Я уже имел возможность продемонстрировать лампы, которых этого недостаток значительно уменьшен. В этом случае, очень маленькая лампа, содержащая тугоплавкую кнопку, была смонтирована внутри большой лампы, а воздушное пространство между их стенками было сильно разрежено.

Когда большой шар подключен к насосу, вакуум между стенками создается постоянно, все время, пока насос работает. Внешний шар остается совершенно холодным, в то время как электрод в маленьком шаре раскален добела. Но когда насос перестал работать, а электрод оставался раскаленным достаточно длительное время, то большой шар тоже стал нагреваться. Поэтому я предположил, что если вакуумное пространство (как обнаружил Проф. Дюар}, не проводит тепло, то оно просто благодаря скорости нашего движения в пространстве, или, вообще, вследствие движения среды относительно нас, в постоянных условиях не может поддерживаться без постоянно возобновляемой среды. По всей видимости, вакуум не может находиться в постоянном состоянии вокруг горячего тела.

В вышеупомянутых конструкциях, маленькая внутренняя лампа должна, по крайней мере, на первых стадиях, защищать от бомбардировки внешнюю, большую лампу. Я подумал, а как поведет себя в этой ситуации металлический сетчатый фильтр, и для этих целей были изготовлены несколько ламп, изображенных на рис. 31. В сферу b была вмонтирована тонкая нить на-

кала (или электрод) на платиновой проволоке *W,* проходящей через стеклянную ножку и выходящая из сферы наружу. Нить накала/была окружена металлическим ситом *S.* В процессе проведения экспериментов с такими лампами было обнаружено, что сито с широкими ячейками явно не оказывает ни малейшего воздействия на процесс бомбардировки сферы b. Когда вакуум был сильным, тень от сита ясно проецировалась на сферу, и последний нагревался за короткий период времени. В нескольких лампах сито *S* подсоединялось к платиновой проволоке, запаянной в стекло. Когда эту проволоку подсоединяли к другой клемме индукционной катушки (в этом случае ЭДС поддерживали на низком уровне), или к изолированной пластине, то бомбардировка внешнего шара уменьшалась. Когда брали сито с мелкими ячейками, бомбардировка большого шара также уменьшалась. Но даже тогда, когда создавалось еще большее разрежение воздуха, а разность потенциалов трансформатора увеличивали, то увеличивалась интенсивность бомбардировки сферы и нагрев происходил быстрее, несмотря на то, что не было видно тени от сетки, вследствие меньших размеров ячеек. Но стеклянная трубка или другое плотное тело, расположенное вокруг нити накала, может полностью прекратить бомбардировку и некоторое время внешняя сфера b будет оставаться совсем холодной. Конечно, когда стеклянная трубка очень сильно нагрета, бомбардировка внешнего шара не останется незамеченной. Эксперимент с этими лампами показал, что скорость задействованных молекул или частиц должна быть значительной (хотя она совершенно незначительна по сравнению со световыми частицами), в противном случае трудно понять, как они могут проходить через тонкую металлическую сетку без воздействия со стороны последней. Дело в том, что было обнаружено, что такие мелкие частички как атомы не могут воздействовать непосредственно на соизмеримом расстоянии. Что касается скорости задействованных атомов, то лорд Кельвин недавно оценил ее примерно в один километр в секунду, или около того в обычной лампе Крукса. Поскольку разность потенциалов, получаемая от катушки с пробойным разрядом, намного выше, чем получаемая от обычной катушки, то и скорость частиц в лампе или другом источнике света должна быть больше, когда они работают от такой катушки. Предположим, что скорость частиц составляет около пяти километров в секунду и постоянна на всем протяжении траектории, как это и должно происходить в сосуде с сильным разрежением воздуха. Затем, если изменения электризации электродов будет происходить с частотой около пяти миллионов раз в секунду, то наибольшее расстояние между частицами, удаляющимися от электрода, будет равняться одному миллиметру. Если они могли бы взаимодействовать на таком расстоянии, то обмен в наэлектризованной среде, или среди атомов был бы очень медленным, и не было бы бомбардировки внешней лампы. По крайне мере, так должно быть, если действие электрода на атомы разреженного газа будет таким, как при электризации тел, которые можем наблюдать. Горячее тело внутри вакуумной лампы всегда производит атомную бомбардировку, но оно не имеет определенного ритма, необходимого для того, чтобы его молекулы могли совершать колебания всех видов.

Если лампа, содержащая кнопку или нить накала, с большой осторожностью разрежена максимально сильно и используется лучшими специалистами, то можно наблюдать, что разряд сначала не может произойти, но спустя некоторое время, вероятно, когда в лампе образуется некоторый заряд, разряд все-таки происходит и электрод накаляется.

Фактически получается, что чем выше разреженность газа, тем легче получить белый накал. Кажется, что нет других причин, по которым накаливание не могло бы быть приписано этим случаям, за исключением бомбардировки или похожего действия разреженного газа или частиц другого вещества. Но играет ли важную роль то, что воздух в лампе разрежают с большими предосторожностями? Тогда допустим, что вакуум в лампе идеален, если это является ключевым вопросом. Является ли среда, заполняющая все пространство сплошной или атомной? Если она имеет атомную структуру, то когда происходит нагревание электрода, или нити накала в вакууме, сосуд может оказаться слишком большим для эфирной бомбардировки. Нагревание проводника вообще, зависит от того, какой ток, высокой частоты или с высокой разностью потенциалов, имеет место, и будет подвергаться изменениям со стороны среды. Кроме того, существуют также кожные эффекты, т. е. явное увеличение омического

сопротивления и т. д., что допускает, по крайней мере, различные объяснения.

Очевидно, будет более правильно в соответствии со многими наблюдаемыми явлениями, связанными с высокочастотным током, считать, что все пространство заполнено свободными атомами, нежели утверждать что оно, пустое и холодное, лишено их. Так и должно быть, если среда плотная, тогда там не может быть ни тепла, ни света. Передается ли энергий независимыми носителями или через колебания плотной среды? Этот важный вопрос еще не получил положительного ответа. Но большинство эффектов, которые здесь обсуждаются. особенно световые эффекты, накаливание или свечение, подразумевают наличие свободных: атомов и были бы без них невозможны.

Что касается огнеупорной кнопки (или нити накала) в разреженном ресивере, который является одним из объектов нашего исследования, то результаты главных экспериментов, которые могли бы служить руководством при создании таких ламп, можно суммировать следующим образом:

1. Кнопка должна быть как можно меньшей по размеру, сферической и иметь гладкую' или полированную поверхность. Она должна быть сделана из огнеупорного материала, который лучше сопротивляется процессу испарения. 2. Основание под кнопкой должно быть очень тонким и экранировано алюминием и листом слюды так, как я это описал раньше. 3. Разрежение лампы должно быть максимальным. 4. Частота тока должна быть максимальной, какую только можно получить. 5. Ток должен гармонически повышаться и понижаться, без внезапных прерываний. 6. Температура нагревание должна быть ограничена температурой плавления кнопки. Это достигается путем заключения ее в маленькую лампу или другим способом. 7. Пространство между стенками маленькой лампы и внешнего шара должно быть сильно разрежено.

Большинство соображений, которые относятся к накаливанию твердого тела, с полным основанием могут быть отнесены и к свечению. На самом деле, в разреженном сосуде свечение,, как правило, первоначально возбуждается благодаря сильному биению потока атомов на светящееся тело. Даже во многих случаях, когда нет подтверждения такой бомбардировки, свечение возбуждается, как я думаю, сильным воздействием атомов, которые не обязательно отлетают от электрода, но также индуктивно воздействуют на среду или цепи других атомов. Также механические удары могут играть важную роль при возбуждении свечения в лампе, что можно увидеть из следующего эксперимента. Если взять лампу, какая изображена на рисунке 10, с большими предосторожностями разредить ее до такой степени, чтобы разряд не мог произойти, то нить накала будет воздействовать посредством электростатической индукций на трубку t, и в последней будут возникать колебания. Если трубка *O* достаточно широка, около дюйма в диаметре, нить накала может колебаться настолько сильно, что каждый раз, когда она будет ударяется о стеклянную трубку, будет возникать свечение. Но свечение прекращается, когда волокно успокаивается. Колебания могут прекращаться и вновь возобновляться при изменении частоты тока. Теперь нить накала имеет собственный период колебаний, и если частота тока такова, что они резонируют, вибрация начинается легко, даже если разность потенциалов тока мала. Я часто наблюдал, как нить накала в лампе разрушается при таком механическом резонансе.

Как правило, нить накала вибрирует так быстро, что ее не видно и сначала экспериментатор может быть озадачен. Когда эксперимент подобный этому, выполнен тщательно, необходимая разность потенциалов тока может быть очень небольшой, и по этой причине я делаю вывод что, свечение обусловлено механическим ударом нити накала о стекло так, как это получается при ударе куска сахара об нож. Механический удар, производимый атомами вещества, легко заметить, если держать в руке лампу, имеющую кнопку и при этом внезапно включить ток. Я думаю, что лампа даже может разрушиться из-за возникающего при этом резонанса.

Конечно, из ранее проведенных экспериментов понятно, что стеклянная трубка, находящаяся в контакте с нитью накала, сохраняет заряд определенного знака в точке контакта.

Если теперь нить накала снова соприкоснется со стеклом в этой точке, несмотря на то, что она имеет противоположный заряд, при испускании света заряды гасят друг друга. Но от такого объяснения нет никакой пользы. Бесспорно, что первоначальный разряд, подающийся к атомам или к стеклу, может играть определенную роль в возбуждении свечения. Так, например, если светящуюся лампу сначала возбудить высокочастотной катушкой, подсоединив ее к одной из клемм катушки и измерить степень освещенности, а затем сильно зарядить лампу на машине Гольца, подключив ее к положительной клемме машины, можно заметить, что когда лампа была подсоединена в клемме высокочастотной катушки, свечение было более интенсивным. В другом случае я рассматривал возможность такого явления свечения в лампе, производя накаливание бесконечно тонкого слоя вещества на поверхности светящегося тела. Несомненно, взаимодействие атомов является достаточно сильным, чтобы получить интенсивное накаливание в результате их столкновения, поэтому тело быстро достигает высокой температуры при его значительном объеме. Если такие эффекты существуют, то лучшим известным устройством для получения свечения в лампе, является катушка пробойного разряда, дающая чрезвычайно большую разность потенциалов, с которой работают основные разрядники, а именно около 25 -30 раз в секунду. Этого достаточно для получения свечения, которое для глаза кажется непрерывным. Установлено, что такая катушка возбуждает свечение при любых условиях и при любой степени разрежения газа. Я наблюдал эффекты, которые приводили к свечению даже при обычном атмосферном давлении. Это происходило, когда разность потенциалов была чрезвычайно велика. Но если свечение происходит в результате выравнивания зарядов атомов (независимо от их величины), то чем больше частота импульсов, или изменений в электризации, тем более экономичным будет производства света. Давно известен и заслуживает внимания тот факт, что все светящиеся тела являются плохими проводниками электрического тока и тепла, и что все тела перестают испускать свет при нагревании до определенной температуры. Проводники, наоборот, не обладают этим качеством. Но есть несколько исключений из этого правила. Одним из них является углерод. Беккерель заметил, что углерод испускает свечение при определенной температуре, которая предшествует той, когда электрод имеет темно-красный цвет. Это явление легко наблюдать в лампе, в которую вмонтирован довольно большой угольный электрод (например, шар около шести миллиметров в диаметре). Если ток включен в течение нескольких секунд, белоснежная вуаль покрывает электрод перед тем, как он станет темно-красного цвета. Похожий эффект замечен и при экспериментах с другими проводящими телами, но многие ученые не связывают это явление с выделением света. Остается решить связано ли собственно накаливание, и возникающее при этом свечение с взаимодействием между атомами, или же с механическими соударениями. В действительности, все условия, при которых сохраняется тенденция к локализации и увеличению эффекта нагревания в точке взаимодействия, всегда благоприятны для возникновения свечения. Так, если электрод очень маленький, но удовлетворяет общим условиям эксперимента, т.е. имеет большую электрическую плотность при высокой разности потенциалов, если сильно разрежен газ, т.е. условия подразумевают высокую скорость атомов или вещества, и следовательно сильные соударения частиц, то свечение будет интенсивным. Если лампа снабжена большим и маленьким электродами, подключенными к клемме индукционной катушки, то маленький электрод будет производить свечение, а большой нет, потому, что у него меньше электрическая плотность, и следовательно меньше скорость атомов.

Лампу с большим электродом можно взять в руку, когда электрод подключен к клемме катушки, и она не будет светиться. Но если вместо этого дотронуться до нее концом оголенного провода, лампа сразу же начнет светиться из-за высокой плотности в точки контакта. При низких частотах кажется, что газ с более высоким атомным весом производит более интенсивное свечение, чем газ с меньшим атомным весом как, например, водород. Результаты наблюдений за высокими частотами недостаточно достоверны, чтобы сделать вывод. Как известно, кислород вызывает чрезвычайно сильные эффекты, которые частично можно приписать его химическому действию. Кажется, что в лампе с водородом возбуждение происходит легче всего. Электроды, которые легче разрушаются, производят в лампе более

интенсивное свечение, но при этом условия эксперимента непостоянны из-за ослабления вакуума и оседания электродного вещества на светящейся поверхности. Некоторые жидкости, такие как масло, вызывают великолепные эффекты свечения (или флуоресценции), но действие происходит только в течение нескольких секунд. Так, если на лампу, которая имеет следы масла на стенках, подать ток, то свечение будет продолжается только несколько секунд, до тех пор, пока масло не испарится. Сульфид цинка кажется наиболее чувствительным к свечению среди всех испытанных веществ. Образцы вещества, полученные благодаря любезности профессора Генри из Парижа, применялись во многих из этих ламп. Одним из недостатков этого сульфида является то, что он теряет свои качества при испускании света, когда температура не является высокой. Поэтому он может использоваться только для получения света слабой интенсивности. Следует отметить вот какое наблюдение. При сильной бомбардировке алюминиевый электрод чернеет, но довольно необычно, потому, что он возвращается к своему первоначальному состоянию после остывания.

Наиболее важным фактом, полученным при проведении исследований, оказалось то, что во всех случаях для возбуждения свечения с минимальными затратами энергии, необходимо создать определенные условия. А именно, не имеют значения: частота тока, степени разреженности и материал, из которого изготовлены предметы, находящиеся в лампе, величина потенциала в ситуации, когда происходит возбуждение лампы от одной клеммы, или разница потенциалов, в ситуации, когда происходит возбуждение лампы от двух клемм, который дает наилучший экономический показатель. Если разность потенциалов возрастает, то может происходить значительный расход энергии без получения света, а если ее уменьшить, то производство света не будет таким экономичным. Точное условие, при котором будет получен наилучший результат, зависит от многих вещей, имеющих другую природу. Их еще предстоит исследовать в других экспериментах. Мы непременно найдем такие условия, которые обеспечат работу ламп накаливания наилучшим образом.

Теперь перейдем к наиболее интересному из этих явлений — накаливанию или свечению газов при низком или обычном атмосферном давлении. Мы должны найти объяснение этому явлению в условиях, когда происходят соударение, или взаимодействие атомов. Точно также как молекулы, или атомы ударяясь о твердое тело вызывают свечение, или заставляют его нагреваться, так и сталкиваясь между собой они производят похожий эффект. Но это очень слабое и грубое объяснение механизма явления. Свет вызывается колебаниями, которые происходят с невообразимой скоростью. Если мы посчитаем, количество энергии содержащейся в форме известных излучений в определенном пространстве, силу, которую необходимо приложить, чтобы получить такую скорость колебаний, то мы обнаружим, что несмотря на то, что плотность эфира намного меньше, чем в любом из известных нам тел, даже чем в водороде, его сила поражает воображение. Что же это за сила, которая при механических единицах измерения может исчисляться тысячами тонн на квадратный дюйм? С современной точки зрения — это электростатическая сила. Невозможно понять, как тело измеримых размеров могло бы зарядиться до такой высокой разности потенциалов, чтобы сила была достаточной для получения таких колебаний. Раньше, если бы такой заряд сообщили телу, то он разрушил бы его до атомов

Солнце излучает свет и тепло так же, как обычное пламя или нить накала. Но ни одно из этих явлений не объясняет силу, с которой Солнце объединяется в тело как целое. Объяснить это мы может только одним способом, а именно, сравнив его с атомом. Атом такой маленький, что если бы он заряжался, вступая в контакт с электрическим телом, и заряд передавался бы следующему атому по таким же правилам, как и тела, имеющие измеримые размеры, он должен был бы полностью сохранить количество электричества, которое было бы соизмеримо с этими силами и огромными скоростями колебаний. Но в этом плане атом стоит несколько особняком — он всегда сохраняет один и тот же "заряд".

Похоже, что резонирующие колебания играют важную роль во всех проявлениях энергии в природе. В пространстве вся материя колеблется и встречаются все скорости колебаний, от

низких музыкальных звуков до наивысших тонов химических лучей. Следовательно, для атома или комплекса атомов, независимо от их периода, должны найтись колебания, с которыми они будут в резонансе. Когда мы обсуждаем высокую скорость световых колебаний, мы отдаем себе отчет в том, что невозможно получить такие колебания непосредственно при помощи какой-либо аппаратуры, имеющей измеримые величины. Это вынуждает нас прибегнуть к единственно возможному средству производства световых волн -электричеству. То есть Воздействовать на молекулы и атомы газа так, чтобы заставить их сталкиваться и вибрировать. Затем мы должны задать себе вопрос: "Как можно воздействовать на молекулы, или атомы?"

Известно, что на них можно воздействовать электростатической силой, что подтверждается результатами многих экспериментов. Изменяя электростатическую силу, мы можем возбуждать атомы и заставлять их сталкиваться, что сопровождается выделением тепла и света. Это является бесспорным доказательством того, что мы можем воздействовать на них по-другому. Если световой разряд происходит в запаянной вакуумной трубке, выстраиваться ли атомы в определенном порядке по отношению к другими атомам, или же электростатическая сила

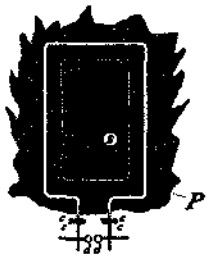


Рис. 32.



Рис. 33.

действует по прямой линии от атома к атому? Только недавно я исследовал взаимное действие между двумя цепями, которые имеют очень высокие скорости колебаний. Кода батарея из нескольких аккумуляторных банок *(с С с С,* Рис. 32) разряжается через первичную обмотку *P* с низким сопротивлением (Рис. 19a, 19 b, 19 c), при частоте колебаний около миллиона раз в секунду, то возникает огромная разность потенциалов между двумя точками на первичной обмотке отстоящими друг от друга всего на несколько дюймов. Эта разность потенциалов может составлять около 10,000 вольт на дюйм, если не больше, давая максимальную величину ЭДС. Таким образом, вторичная обмотка *S* подвержена воздействию электростатической индукции, которая в таких экстремальных условиях приобретает большую значимость, нежели электродинамическая индукция. Для таких внезапных импульсов первичная и вторичная обмотки являются плохими проводниками, поэтому большая разность потенциалов может быть получена при возникновении электростатической индукции между смежными точками вторичной обмотки. Затем может проскочить искра между проводами и стримерами, которую видно в темноте, если постараться вызвать световой разряд через искровое пространство *d d.* Если теперь мы заменим запаянную вакуумную трубку на металлический вторичную обмотку S , то разности потенциалов, получающейся в трубке в результате электростатической индукции от первичной обмотки, будет вполне достаточно для того, чтобы возбудить части этой обмотки. Но так как дочки с определенной разностью потенциалов на первичной обмотке не зафиксированы, и вообще они постоянно меняют свое положение, то в трубке образуется светящаяся полоса, которая, очевидно, не соприкасается со стеклом, как это и должно бы быть если бы точки максимальной и минимальной разности потенциалов были зафиксированы на первичной обмотке. Я не исключаю того, что существует трубка, возбуждаемая только электродинамической индукцией но, по моему мнению, пока нет никаких положительных доказательств того, что атомы газа в запаянной трубке могут структурироваться в цепи под действием электродвижущего импульса, производимого электродинамической индукцией в трубке. До сих пор я так и не смог создать полоски в трубке, однако в дальнейшем, при любой степени разрежения, когда борозд-

ки расположены под прямыми углами к предполагаемому направлению разряда или оси трубки, я отчетливо наблюдал, как в большой трубке образуется широкая светящаяся полоса, образуемая разрядом, проходящим от батареи по проводам, окружающим лампу. Это круг слабого света между двумя светящимися полосами, одна из которых была более интенсивна, чем другая.

Кроме того, как показывает мой опыт, я не думаю, что такой газовый разряд в закрытой трубке может колебаться как единая масса. Я убежден, что никакой разряд, проходя через не может вызвать в нем колебания. Поведение атомов газа очень странно в отношении непредсказуемости электрических импульсов. Газ кажется не способным обладать какой-либо ощутимой инертностью в отношении таких импульсов, поскольку чем больше частота импульсов, тем с свободнее разряд проходит через газ. Если газ не обладает никакой инертностью, то он не может колебаться. Для свободных колебаний необходимо наличие хотя бы небольшой инертности газа. Из этого я сделал вывод, что если разряд молнии происходит между двумя облаками, там не может быть никакой осцилляции, как этого можно было бы ожидать, принимая во внимание значительную электрическую емкость облаков. Но если разряд молнии попадает в землю, ко-

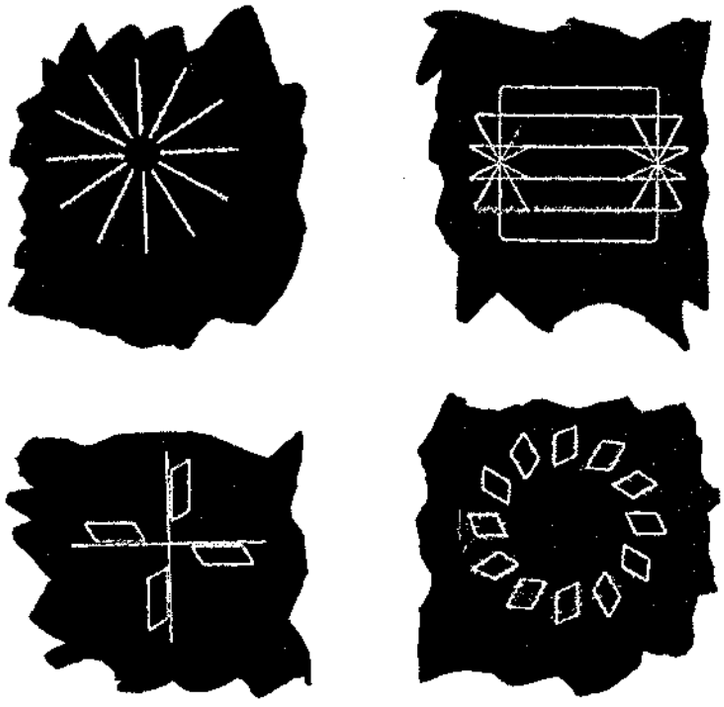


Рис. 34.

лебания появляются, но не в облаках, а в земле. В газовом разряде каждый атом колеблется со своей собственной скоростью, но нет колебаний электропроводной газовой массы как единого целого. Это важное соображение касается большой проблемы — экономичного получения света. Из этого следует, что для достижения этого результата мы должны использовать импульсы очень высокой частоты и, кроме того, необходима большая разность потенциалов. Известно, что кислород дает более интенсивный свет в трубке. Не потому ли, что атомы кислорода обладают некоторой инертностью, и колебания не затухают немедленно? Но тогда, были бы хороши и азот, и хлор, и пары многих других веществ, значительно лучших, чем кислород, если бы в игру не вступали магнитные свойства последнего. Или же процессы в трубке имеют электролитическую природу? Об этом определенно говорят многие наблюдения, наиболее важных из которых является то, что вещество всегда уносится от электрода, а вакуум в колбе не может поддерживаться постоянно. Если такой процесс происходит в действительности, тогда наоборот, мы должны прибегнуть к высоким частотам с тем, чтобы свести электролитическое воздействие к минимуму, если уж его невозможно устранить полностью. Неоспоримо, что при очень

высоких частотах с гармоническими колебаниями импульсов, подобных тем, что мы получали от генератора переменного тока, негативных проявлений меньше, и вакуум более постоянен. При использовании пробивной разрядной катушки происходят внезапные всплески потенциала, вакуум ослабляется быстрее, электроды разрушаются за очень короткое время. Это наблюдалось в некоторых коротких трубках, которые были оснащены тяжелыми угольными блоками *B B1* , подсоединенными к платиновым проволокам *W Wj* (см. Рис. 33). Такие трубки применялись в экспериментах с пробойным разрядом вместо обычного воздушного пространства. Под действием сильного магнитного поля, в которое помещалась трубка, частицы углерода осаждались тонкими сплошными линиями в середине трубки, как показано на рисунке. Появление этих линий приписывалось отклонению или искажению заряда магнитным полем, но почему осадок получался больше там, где поле было наиболее интенсивным? Примечательно, что наличие сильного магнитного поля усиливает разрушение электродов, возможно, из-за быстрых прерываний, которыми между электродами создается действительно высокая ЭДС.

Остается сказать о световых эффектах, получаемых в газовой среде при низком или обычном давлении. Исходя из представленных выше экспериментов, мы не можем сказать, что достаточно знаем природу этого великолепного явления. Но исследования в этом направлении продвигаются особенно рьяно. Каждое направление научных поисков имеет свою прелесть, но изучение электричества обладает особой притягательностью. Нет эксперимента или наблюдения любого типа в области этой замечательной науки, которые не имели бы для нас большой привлекательности. Тем не менее, мне кажется, что среди всех многочисленных изумительных вещей, которые мы наблюдаем, вакуумная трубка, возбуждаемая электрическим импульсом от отдаленного источника, разрывающая темноту и освещающая комнату своим красивым светом, является наиболее великолепным явлением, которое только может открыться нашему взгляду. Еще более интересно когда, уменьшая основной разряд при прохождении его через разрядное пространство до очень маленькой величины и двигая трубку, мы получаем все виды узоров из светящихся линий. Так, в качестве развлечения, я беру длинную прямую трубку, или квадратную, либо квадратную, присоединенную к прямой, и вращая их в руке, имитирую движение спиц колеса, волны Грамма, повороты барабана, вращение двигателя переменного тока и т.д. (рис.34). Наблюдаемый на расстоянии, эффект кажется слабым, и значительная часть его красоты теряется, но находясь рядом или удерживая трубку в руке, не можешь противостоять его очарованию.

При представлении этих незначимых результатов, я не пытался систематизировать и согласовывать их, как это должно быть в строгом научном исследовании, в котором каждый последующий результат должен быть логическим продолжением предыдущего, для того, чтобы усердный читатель или внимательный слушатель могли следовать за моей мыслью. Я предпочел сконцентрировать свои силы в основном на выдвижении новейших фактов и идей, которые могут послужить материалом для дальнейших исследований другими, и это может послужить извинением за отсутствие гармонии.

Объяснения этих явлений были даны с добрыми чувствами и с надеждой на то, что какой-нибудь студент сочтет, что изложенные факты нуждаются в лучшей интерпретации. Не будет никакого вреда от того, если студент воспримет неверную точку зрения, но когда ошибается множество умов, мир дорого платит за такие ошибки.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ОСЦИЛЛЯТОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРАПИИ И ДРУГИХ ЦЕЛЕЙ*

Заняться систематическими исследованиями феномена высокой частоты в 1889 году меня побудили некоторые теоретические возможности токов очень высокой частоты, случайные наблюдения во время проведения экспериментов с переменным током, а также работа г-на Герца и смелые взгляды, выдвинутые Оливером Лоджем. Полученные вскоре результаты оказались таковы, что для дальнейших исследований в этой области, которые в дальнейшем оказались весьма плодотворными, потребовалось оснастить лабораторию по последнему слову. Поэтому были сделаны альтернаторы особой конструкции, и разработаны различные методы для преобразования обычных токов в токи высокой частоты. И то и другое уже было подробно описано, и теперь, я полагаю, хорошо известны.

Одной из недавно отмеченных и удивительных особенностей токов высокой частоты, которая в основном заинтересовала врачей, оказалась их полная безвредность для человека, позволяющая пропускать через человеческое тело сравнительно большое количество электрической энергии, не вызывая при этом боли или серьезного дискомфорта. Эта особенность, на которую совместно с другими, в основном, неожиданными свойствами я впервые имел честь обратить внимание ученых мужей в статье, опубликованной в техническом журнале от февраля 1891 года, и во время последующих выступлений перед научными сообществами, сразу очевидным образом указала на то, что такой ток мог бы быть использован в электротерапии.

Принимая во внимание свойства электричества в целом, и по аналогии с ними, весь комплекс физиологических эффектов можно разделить на три класса. Первый - статические эффекты: физиологические эффекты, относящиеся к данному классу, в основном зависят от величины электрического потенциала. Второй - динамические эффекты: эффекты этого класса принципиально зависят от интенсивности движения электронов, или от силы тока, проходящего через тело. Третий - эффекты, возникающие под воздействием электромагнитных волн или колебаний: импульсы, в которых электрическая энергия попеременно, с большей или меньшей частотой, переходит из статической формы в динамическую, и наоборот.

На практике, все эти различные свойства присутствуют постоянно, однако, для более удобного выбора аппаратных средств и соблюдения условий, экспериментатор может сделать тот или иной эффект доминирующим. Таким образом экспериментатор может пропускать через тело человека, или через часть тела, электрический ток сравнительно большой силы при малом напряжении, либо подвергнуть человеческое тело воздействию высоким напряжением при ничтожно малой силе тока, либо поместить пациента под воздействие электромагнитных волн, источник которых, при необходимости, может находиться на достаточно большом удалении от объекта.

Дабы не отвлекать медика от изучения последствия воздействия на организм и корректировки методов лечения, непосредственное применение различных способов электрического воздействия на тело пациента, можно поручить электрику.

---

* Текст выступления на девятом ежегодном заседании Американской Электротерапевтической Ассоциации, Буффало, штат Нью-Йорк, 13-15 сентября 1898.

Поскольку никто не может похвастаться тем, что способен описать тот или иной предмет совершенно точно и ясно, ниже приводятся схематические иллюстрации нескольких способов подключения электрических цепей, которые несмотря на свою очевидность для большинства аудитории, все же могут оказаться небесполезными.

Первый и самый простой метод применения электрического тока представляет собой подключение тела пациента к двум контактам генератора, будь то динамо-машина или индукционная катушка. На Рис. 1 представлена схема подобного соединения. Альтернатор *G* должен выдавать от пяти до десяти тысяч полных колебаний в секунду — вполне достижимая величина на сегодняшний день. Электродвижущая сила, как показали измерения при помощи теплового измерительного прибора, может быть от пятидесяти до ста вольт. Для того, чтобы обеспечить прохождение электрического тока через ткань, клеммы *T T,* которые служат для установления контакта с телом пациента, должны обладать достаточно большой площадью

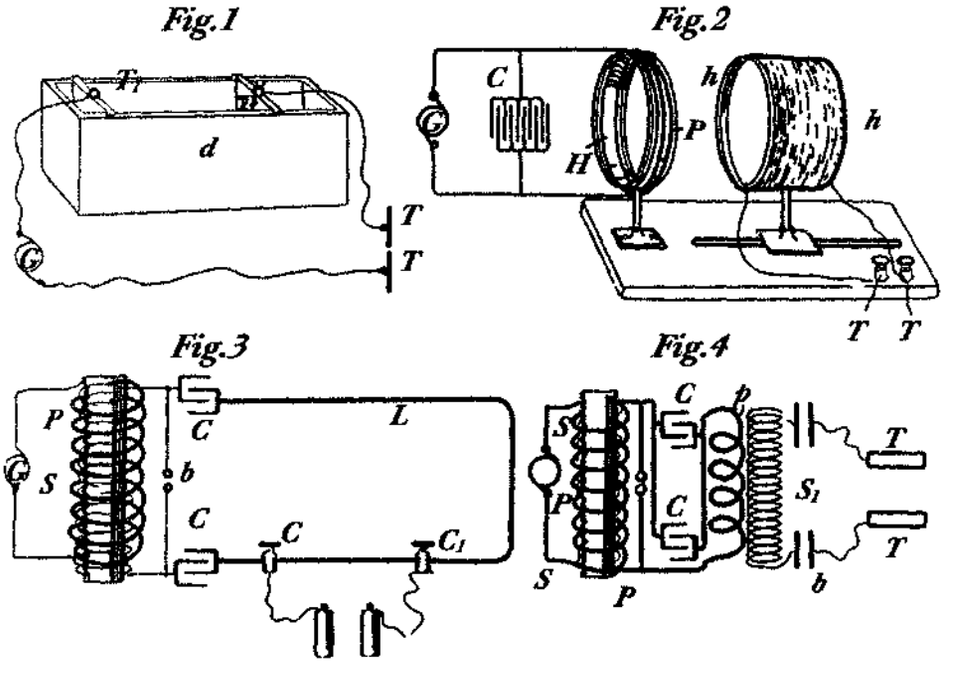


Рис. 1, 2, 3, 4.

соприкосновения и покрыты тканью, пропитанной раствором электролита, безвредного для кожи. Иначе контакт с телом пациента может обеспечиваться путем иммерсии. Наилучшим образом регулировка тока осуществляется при помощи изолирующего желоба *A,* на котором установлены две металлические клеммы 7 7 с достаточно большой контактной поверхностью, и, как минимум, одна из них должна быть съемной. Желоб заполняется водой, в воду добавляется электролитический раствор до тех пор, пока не будет достигнута степень электропроводности, пригодная для экспериментов.

При необходимости задействовать ток малой силы и с высоким напряжением используют вторичную катушку так, как это показано на Рис.2. Я с самого начала счел удобным отойти от обычного способа наматывания катушек с большим количеством маленьких витков. Существует множество аргументов, которые определят выбор врача в пользу обруча *H* большого размера, не менее трех футов в диаметре, или даже больше, с небольшим количеством витков, намотанного на него толстого кабеля *P.* Вторичная катушка *S,* изготавливается довольно просто: два деревянных обруча соединяются вместе при помощи жесткого картона. Достаточно одного слоя обычного, не очень тонкого обмоточного провода. В зависимости от назначения катушки, количество витков провода легко определяется экспериментальным путем.

Две пластины, с достаточно большой площадью, которые формируют регулируемый конденсатор, могут быть использованы для синхронизации вторичной цепи с первичной, однако, в большинстве случаев в этом нет необходимости. Таким образом получается довольно дешевая в изготовлении и вполне устойчивая к повреждениям катушка. Однако дополнительные преимущества такой конструкции проявляются при точной настройке параметров вторичной цепи, которая достигается очень просто: путем изменения расстояния между первичной и вторичной цепями. Еще больше преимуществ заметно при возникновении гармоник, которые отчетливее проявляются именно в больших катушках с толстым обмоточным проводом, когда они расположены на некотором удалении от первичной цепи.

Предварительные настройки могут также применяться при использовании переменного или прерывистого тока низкой частоты, однако, некоторые определенные свойства высокой частоты дают возможность задействовать прерывистый ток там, где использование переменного тока невозможно.

Одной из наиболее ярких свойств высокой частоты, или, в более общем выражении, тока часто меняющего свое направление, является то, что он с трудом проходит через толстый проводник с высокой самоиндукцией. Несмотря на это препятствие на пути движения тока, вызванное самоиндукцией, как показали результаты более ранних экспериментов, па которые имеются ссылки, вполне реально поддерживать разность потенциалов в несколько тысяч вольт между двумя точками на толстом медном бруске с незначительным сопротивлением. При этом расстояние между точками не должно превышать нескольких дюймов. На Рис. 3 изображена схема расположения компонентов. В данном случае источником высокочастотных импульсов служит трансформатор известного типа, который может быть запитан от генератора *G,* подающего постоянный, либо переменный ток. Трансформатор состоит из первичной обмотки *P,* вторичной обмотки *S,* двух конденсаторов С С, соединенных последовательно, петли, пли катушки с очень толстым проводом *L* и устройства b, замыкающего и размыкающего цепь. Ток поступает через контур *L* на два контакта *C c',* один из которых, или оба, могут передвигаться по проводу *L.* При изменении расстояния между контактами можно добиться разности потенциалов на клеммах *T T* величиной от нескольких до многих тысяч вольт. Этот способ использования электрического тока совершенно безопасен и очень удобен, однако, при этом требуется постоянно задействовать выключатель b для зарядки и разрядки конденсатора.

Другими, не менее значительными свойствами высокочастотных импульсов являются легкость, с которой они проходят через конденсаторы, а также умеренная электродвижущая сила и очень малая емкость, необходимая для обеспечения прохождения большого количества тока. Результаты научных наблюдений дали возможность разработать определенную схему, в частности ту, что изображена на Рис.4. На этой схеме расположение компонентов очень сходно с предыдущей схемой, за исключением того, что конденсаторы *C C* соединены параллельно. Такое соединение конденсаторов понижает частоту тока, зато позволяет работать со значительно меньшей разницей потенциалов на клеммах вторичной катушки *S.* Поскольку последняя является наиболее дорогостоящей частью устройства, а ее стоимость возрастает с увеличением количества витков, то экспериментатор, пожертвовав частотой, которая, впрочем, остается достаточно высокой и пригодной для большинства целей, может получить аппарат с меньшими затратами. Для того, чтобы частота осталась прежней, ему нужно всего лишь пропорционально уменьшить количество витков, или длину первичной катушки, однако, уменьшение стоимости трансформатора таким образом, потребует большего внимания в отношение выключателя b. Вторичная обмотка *S'* высокочастотной катушки оснащена двумя металлическими пластинами tt с большой поверхностной площадью, соединенной с клеммами, а ток поступает с двух схожих пластин t't' , расположенных вблизи первых. И напряжение, и сила тока, поступающего с клемм *T T* легко регулируются путем изменения расстояния между двумя парами пластин tt и t't' соответственно.

Легкость, с которой Вы можете в данной конструкции увеличивать или уменьшать потенциал на одной из клемм, не зависит от изменений, произведенных Вами с дугой клеммой.

Это дает возможность проводить более эффективные процедуры с одной, и с другой стороны тела пациента.

Врач, в силу тех, или иных причин, может посчитать целесообразным изменение порядка подключения компонентов, изображенных на Рис. 2, 3 или 4, подсоединив одну из клемм источника тока высокой частоты к земле. По многим параметрам эффекты будут те же, но в каждом конкретном случае проявятся свои характерные особенности. При заземлении одной из клемм вторичной обмотки, возможные последствия могут проявиться в виде преобладания импульсов высокочастотных разрядов одного направления над другим.

Среди множества заслуживающих внимания свойств такого вида электрического тока, есть

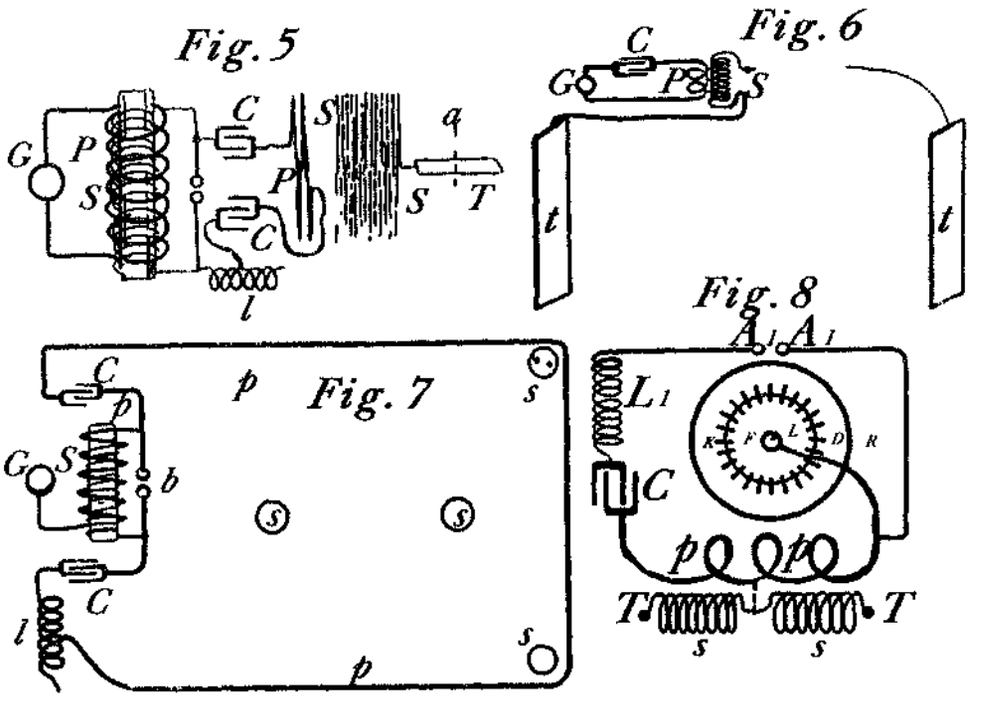


Рис.5, 6, 7, 8.

одно, которое можно использовать в самых разных областях. Это — способность передачи большого количества электрической энергии телу, которое полностью изолировано от окружающего мира. Осуществимость такого способа передачи энергии, который уже находит себе полезное применение и, очевидно, в недалеком будущем приобретет большое значение, уже помогла развеять устаревшие взгляды, предполагающие необходимость наличия обратной цепи для передачи сколь-нибудь значительного количества электрической энергии.

С новыми устройствами мы можем передавать по проводу, изолированному с одного конца, электрический ток такой силы, чтобы можно было расплавить его, или передать по проводу любое количество энергии изолированному телу. Этот способ применения тока высокой частоты в медицинских целях, как мне представляется, открывает перед медиками огромные перспективы. Результаты, полученные таким способом, обладают свойствами, которые резко отличаются от тех, которые наблюдались при применении электрического тока вышеупомянутым, или схожим образом.

Обычно используемая электрическая цепь представлена в схематическом виде на Рис. 5., которая, в отличие от ранее представленных схем не требует разъяснений. Предпочтительно, чтобы конденсаторы С С, соединенные последовательно, заряжались от повышающего трансформатора, однако, генератор переменного тока высокой частоты (альтернатор), электростатическая машина, или генератор постоянного тока, если он вырабатывает достаточно высокое

напряжение, при котором можно использовать конденсаторы малой емкости, могут также использоваться с большим или меньшим успехом. Первичная цепь p, через которую проходят высокочастотные разряды конденсаторов, состоит из небольшого числа витков кабеля с минимально возможным сопротивлением. Желательно, чтобы вторичная цепь *S* располагалась на некотором расстоянии от первичной, дабы способствовать свободе колебаний. Один конец вторичной цепи *S* — тот, который расположен ближе к первичной — заземлен, а другой конец ведет к изолированной клемме *T,* с которой соприкасается тело пациента.

Это имеет большое значение в случаях (как, например, в данном), когда требуется синхронизовать колебания между первичной и вторичной цепями *p* и *S* соответственно. Как правило, наилучший эффект достигается путем изменения величины самоиндукции цепи, включающей первичный контур, или катушку *p.* Регулятор самоиндукции e предназначен именно для этих целей. Однако в случаях, когда электродвижущая сила генератора исключительно высока, как в случае, когда используется электростатическая машина, а конденсатор, состоящий только из двух пластин, имеет значительную емкость, добиться такого же результата проще путем изменения расстояния между пластинами.

Когда первичные и вторичные колебания плотно синхронизованы, наивысший потенциал, образуется на части клеммы *T,* откуда, в основном, и происходит отбор энергии. Подключение тела пациента к клемме в большинстве случаев существенно влияет на период колебаний во вторичном контуре, делая их более длительными, что каждый раз вызывает необходимость проведения определенной дополнительной настройки первичного контура, в зависимости от емкости тела пациента, подключенного к клемме *T.* Необходимо постоянно поддерживать синхронизацию, а устанавливать требуемую интенсивность воздействия можно помещая вторичную катушку ближе, или дальше от первичной. Я не знаю какого-либо другого метода, который позволял бы повергнуть тело пациента столь интенсивному воздействию электрической энергией, кроме этого, а также метода, который позволял бы подавать на, или снимать с тела электрическую энергию не нанося тем самым серьезного вреда. Я также не знаю методов, которые бы по своим результатам хотя бы отдаленно приближались к тем, которые достигаются в результате применении электрической энергии именно таким способом. Совершенно очевидно, что поверхность тела является самым большим участком, служащим для передачи электрического тока, а точнее электрической энергии. Если использовать очень частые и плавные прерывания в работе, то, я думаю, что возможно без отрицательных последствий подавать на тело человека и снимать с него в пространство энергию, мощностью в несколько лошадиных сил, а энергия, малой мощности, использованная другими способами, и вовсе не причинит вреда.

Когда человек играет роль катушки, и при условии, что все настройки выставлены точно и правильно, в темноте видны светящиеся лучи, исходящие ото всех частей его тела. Если частота прерывания очень высока, и работа устройства b (Рис. 5) не несет в себе никакой беспорядочности, то видны короткие лучи с мягким свечением, однако, если частота прерывания низкая, или устройство функционирует не совсем правильно, то лучи длинные и яркие, и вызывают некоторый дискомфорт. Физиологические эффекты, возникающие в результате действия аппарата такого вида, варьируются от едва заметного, когда вторичная катушка расположена на большом расстоянии от первичной, до очень сильного, когда обе катушки находятся на малом расстоянии друг от друга. В последнем случае, достаточно нескольких секунд, чтобы вызвать жар во всем теле, а затем и обильное потоотделение. Во время показов друзьям, я неоднократно подвергал себя длительному воздействию электромагнитными колебаниями, и каждый раз через час, или около того, на меня накатывалась огромная усталость, которой я затрудняюсь дать объяснение. Эта усталость оказывалась намного сильнее, нежели та, которую я испытывал после усиленных и продолжительных физических нагрузок. Я едва мог сделать шаг, а держать глаза открытыми мне удавалось с большим трудом. Я спал как убитый, последующий эффект имел несомненно положительное воздействие, но врач категорически запретил часто использовать эту процедуру.

Существует несколько причин, по которым следует быть весьма осторожным при выполнении данного эксперимента. На поверхности кожи и под ней, где и происходят наиболее интенсивные процессы, формируются различные химические соединения, в основном озоновые и азотные. Последние обладают довольно сильными разрушительными свойствами. Это свойство наглядно подтверждается тем фактом, что резиновое изоляционное покрытие провода, применяемого при подобных экспериментах, очень быстро разрушается. Азотные соединения во влажной среде содержат в большом количестве азотную кислоту, которая при большой концентрации может нанести повреждения коже. До сих пор я не отмечал повреждения, появления которых непосредственно связаны с данными экспериментами. Однако в нескольких случаях появлялись ожоги во всех отношениях схожие с ожогами, которые позже были замечены и квалифицированы как образовавшиеся в результате воздействия рентгеновскими лучами. Затем от этой точки зрения отказались, поскольку она не нашла себе подтверждения фактами, полученными в результате экспериментов, как и не нашло подтверждение мнение, что рентгеновские лучи представляют собой поперечные колебания.

Но поскольку изыскания в этой области уже начались, то любые результаты помогут исследователям сориентироваться в этом вопросе. Данное положение вещей затрудняет развитие в этих новых областях, а также делает и без того нелегкую задачу, стоящую перед медиками, еще более сложной и запутанной.

Пара наблюдений, сделанных во время проведения экспериментов с вышеописанными аппаратами, могут оказаться достойными чести быть здесь упомянутыми. Как указывалось ранее, когда колебания в первичной и вторичной цепях синхронизованы, точки наибольшего потенциала расположены на части клеммы *T.* При установленной полной синхронизации и при длине вторичной катушки равной одной четверти длины волны, эти точки, несомненно, окажутся на свободном конце клеммы *T,* а это означает, что одна из них окажется дальше от конца провода, прикрепленного к клемме. Если это так, и если при этом сокращается период колебаний на первичной катушке, то точки наибольшего потенциала сместятся в направление вторичной катушки, поскольку длина волны уменьшилась, а заземление одного конца вторичной катушки определяет положение узловых точек, которые являются точками с наименьшим потенциалом. Таким образом, изменяя период колебаний первичного контура любым способом, точки наибольшего потенциала можно перемещать вдоль клеммы *T,* которые на рисунке для большей наглядности намеренно расположены далеко друг от друга. Разумеется, такое же явление возникает, когда тело пациента соприкасается с клеммой, а ассистент может передвигая ручки перемещать точки с наивысшим потенциалом вдоль тела пациента с необходимой скоростью. Когда действие катушки сильное, место наивысшего потенциала определяется довольно легко по возникающим неприятным ощущениям или боли. Довольно любопытно ощущать, как боль перемещается вверх и вниз, вдоль тела, или с одной руки на другую подчиняясь движению рукоятки управления колебаниями, если, конечно катушка надлежащим соответствующим образом. Тем не менее, мне не приходилось наблюдать каких-либо специфических результатов во время проведения экспериментов подобного рода, но я всегда чувствовал, что этому эффекту можно найти ценное применение в области электротерапии.

Другое наблюдение, которое обещает принести куда более значительные результаты, состоит в следующем: как было отмечено выше и подкреплено результатами практических испытаний, таким способом тело человека без какого-либо ущерба для здоровья может быть подвергнуто глубокому и всестороннему воздействию электрическим током, напряжением до нескольких миллионов вольт, вырабатываемых обычным аппаратом. Если токопроводящее тело наэлектризовать до весьма значительной степени, то маленькие частички, которые могут быть накрепко приклеены к его поверхности, отлетают от нее в такой силой, о величине которой можно только догадываться. Я полагаю, что при этом отлетают не только крепко прилипающие материалы, как, например, краска, но и частички твердых металлов. Предполагалось, что такие операции можно производить только в вакуумной среде, однако при наличии достаточно мощной катушки добиться подобного результата можно было бы и в обычной атмосфере. Учитывая эти факты, можно надеяться, что данный эффект, которому я уже нашел полезное

применение в других сферах, будет востребован и в области электротерапии. Постоянные модернизации инструментов и дальнейшее изучение данного явления могут вскоре привести к образованию нового направления в области гигиены, которое позволило бы производить мгновенное очищение кожи человека, просто подключая его к источнику мощных электромагнитных колебаний, или даже помещая его вблизи этого источника. В мгновение ока от кожи отлетела бы пыль, или прилипшие частички любых других чужеродных веществ. Подобная процедура, введенная в повседневный обиход, несомненно, внесла бы неоценимый вклад в гигиену человека. Высоко эффективные и быстрые процедуры смогли бы заменить собой процесс мытья в ванной, что по достоинству оценили бы те, кто пытается взять на себя больше, чем может выполнить.

Высокочастотные импульсы порождают мощный индукционный эффект, и благодаря этой особенности им находят все новые и новые способы применения в электротерапии. Индукционный эффект бывает либо электростатический, либо электродинамический.

Электростатический эффект очень быстро — квадратично — падает с увеличением

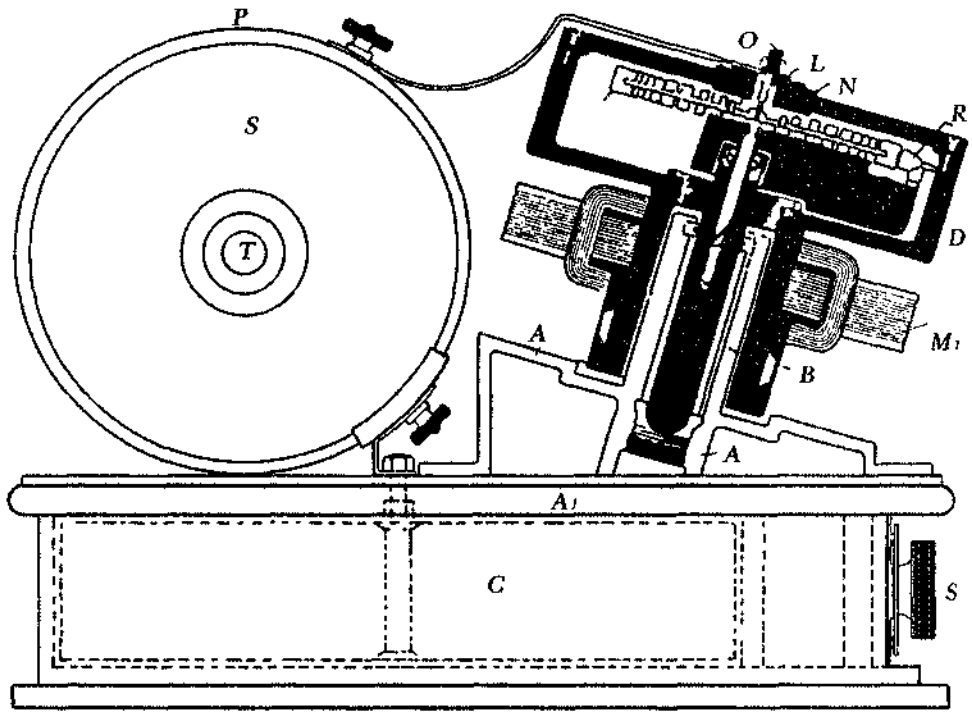


Рис.9.

расстояния, тогда как электродинамический эффект падает пропорционально увеличению расстояния. С другой стороны, первый усиливается квадратично в зависимости от интенсивности источника колебаний, тогда как последний усиливается просто пропорционально усилению источника. Оба эти эффекта могут быть использованы для создания мощного поля, охватывающего значительное пространство, например, большой зал. Подобные установки могут использоваться в больницах или других медицинских учреждениях, где возникает необходимость проводить одновременное лечение множества пациентов.

Рис. 6 иллюстрирует мой первоначальный вариант установки такого электростатического поля. На данной схеме: *G* — генератор тока очень высокой частоты, *C* — конденсатор для погашения самоиндукции цепи, которая включает в себя первичный контур *P* индукционной катушки, вторичный контур *S,* к клеммам которого подсоединены две пластины tt, имеющие большие контактные поверхности. При соблюдении хорошо известных настроек возникаем очень сильное поле между пластинами, а тело человека подвергается воздействию быстрых

изменений потенциала и импульсов перенапряжения тока, которые даже на большом расстоянии дают физиологический эффект. Во время моих первых экспериментов, как показано на рисунке, я использовал две металлические пластины, однако, позже я предпочел им две полые латунные сферы, покрытые воском, толщиной около двух дюймов. Кабели, идущие к клеммам вторичной катушки, были покрыты воском примерно так же. Таким образом, обеспечивалась возможность подхода к ним без риска получить травму от электрического удара, которому подвергался экспериментатор в случае использовании пластин.

На Рис. 7 изображена схема схожего использования динамического индукционного эффекта тока высокой частоты.

Поскольку частота тока, вырабатываемая альтернатором, не настолько высока, как требуется, приходится использовать конденсаторы. Нижеприводимое описание позволит легко понять эту схему. Следует только отметить, что первичный контур р, через который происходит разрядка конденсаторов, охватывает все помещение зала, и выполнен из толстого кабеля с низкой самоиндукцией и сопротивлением. Можно задействовать любое количество вторичных катушек *s S S,* каждая из которых содержала бы только один слой достаточно толстого провода. Вполне реально подключить около сотни таких катушек таким образом, чтобы каждая из них соответствовала бы определенному периоду и реагировала бы на строго определенные колебания, производимые первичной катушкой. Такую установку я использовал в своей лаборатории с 1892 года, и она неоднократно доставляла удовольствие моим гостям, и при практическом использовании показала себя с самой лучшей стороны. В последнем случае, я имел честь привлечь к участию в экспериментах нескольких членов Ассоциации. Пользуясь случаем, хочу выразить им глубокую благодарность за интерес, проявленный к моей работе, а также выразить признательность Ассоциации за проявленную любезность. С тех нор мой аппарат подвергся весьма значительным изменения в лучшую сторону, и в настоящее время в лаборатории я могу создать индукционное поле такой интенсивности, что катушка диаметром в три фута, при соблюдении соответствующих настроек, выделяет энергию мощностью около одной четверти лошадиной силы вне зависимости от того, в какой точке пространства, ограниченного первичными контурами, она находится. На протяжении последних лет я часто был вынужден демонстрировать эксперименты на публике, однако, при всем моем желании и далее откликаться на подобного рода предложения, необходимость продолжить интенсивную работу, вынуждает меня отвечать отказом. И это принесло свои плоды: медленное, но устойчивое улучшение деталей аппарата, которые, надеюсь, в ближайшем будущем я смогу описать во всех подробностях.

Однако могут возникать и довольно необычные электродинамические эффекты, которые, как я уже отмечал ранее, могут усиливаться при усилении поля в очень малом пространстве. Известно, и это также отмечалось ранее, что если поддерживать электродвижущую силу величиной в несколько тысяч вольт между двумя точками токопроводящего бруска или петли длиной всего лишь в несколько дюймов, то в проводниках, расположенных рядом с ними, возникает электродвижущая сила примерно той же величины. И действительно, я обнаружил, что вполне возможно передавать таким способом электрический разряд в лампе, внутри которой вакуум. Несмотря на то, что необходимая величина электродвижущей силы составляла от десяти до двадцати тысяч вольт, в течение долгого времени я проводил эксперименты в этом направлении с целью добиться получения света новым, более экономичным способом. Но результаты испытаний не оставили сомнений в том, что такой способ освещения требует огромных энергетических затрат. Имея в своем распоряжении только мой аппарат, я сосредоточил свои усилия именно в этом направлении: поиске другого метода передачи электрической энергии. Спустя некоторое время (в июне 1891 г.) профессор Дж. Томсон описал эксперименты, которые были очевидным итогом длительных исследований, и предоставил много новой и интересной информации. Это побудило меня вернуться к изысканиям в этой области и продолжить свои эксперименты. Вскоре все мои усилия были сконцентрированы на получении в малом пространстве индуктивного поля наибольшей интенсивности. Постепенно внося усовершенствования в аппарат, я добился удивительных

результатов. Например, если конец тяжелого железного бруска поместить в контур, находящийся под высоким напряжением, то в течение несколько секунд брусок нагревается до высокой температуры. Даже тяжелые куски других металлов нагревались так быстро, как будто их помещали в печь. Когда поместили в контур свернутый в трубочку кусок оловянной пластины, то металл полностью оплавился. Это было сравнимо со вспышкой и не удивительно, что фрикционные потери, сконцентрированные в нем, возможно, достигали величины в десять лошадиных сил. Подобным же образом вели себя и многие другие токопроводящие материалы. А когда в контур поместили стеклянный сосуд, из которого был откачан воздух, то за несколько секунд стекло нагрелось почти до точки плавления.

Когда я впервые наблюдал это удивительное зрелище, я заинтересовался воздействием этого эффекта на живую ткань. Разумеется, я принял все, какие мог меры предосторожности, так как был осведомлен, что контуре диаметром всего несколько дюймов возникает электродвижущая сила величиной более чем в десять тысяч вольт, и такого напряжения более чем достаточно для того, чтобы вызвать ток, разрушающий живую ткань. Это доказывалось еще и тем, что предметы, обладающие сравнительно низкой электропроводностью, быстро нагревались и даже частично разрушались. Можете представить себе мое удивление, когда я обнаружил, что могу поместить руку, или другую часть своего тела в контур и удерживать ее там без какого-либо ущерба для себя. Побуждаемый желанием сделать новые и полезные наблюдения, я неоднократно с готовностью и бессознательно проводил эксперименты, сопряженные с некоторым риском, которого едва ли можно избежать в лабораторных работах. И хотя я всегда полагал, и пребываю в этой уверенности до сих пор, что никогда не предпринимал ничего более опасного, способного нанести вред моему здоровью, нежели то, что я поместил свою голову в пространство, где действовали столь разрушительные силы. Когда я сделал это, то ничего не почувствовал, затем повторил еще и еще раз — результат остался прежним. Но я твердо убежден, что проводить такой эксперимент чрезвычайно опасно, и если кто-либо зайдет в своих действиях хотя бы на шаг дальше меня, то вполне может причинить себе серьезный вред. Однако при определенных условиях может происходить то, что в схожей ситуации наблюдалось с вакуумной лампой. Если ее поместить в поле контура, находящегося под высоким напряжением, но слишком длинного, то ток при этом не образуется и лампа остается холодной и практически не потребляет энергию. Но в момент первого же изменения тока, большая часть энергии колебаний устремится к точке потребления. Если в результате каких-либо действий установится электропроводная цепь внутри живой ткани, или костях головы, то это неизбежно приведет к разрушению ткани и к смерти безрассудного экспериментатора. Такой способ убийства, если он окажется востребованным, должен быть абсолютно безболезненным. Однако почему же живая ткань остается неповрежденной в столь агрессивной среде? Можно сказать, что ток не проходит из-за сильной самоиндукции, продуцируемой массой с большой электропроводностью. Но это не аргумент, так как масса металла имеет значительно большую самоиндукцию и при этом нагревается. Тогда можно предположить, что причиной является высокое сопротивление ткани. Но и это не является причиной, поскольку все свидетельствует в пользу того, что живая ткань обладает достаточно хорошей электропроводностью, к тому же тела, обладающие примерно тем же сопротивлением, нагреваются до высокой температуры. Может быть причина безвредности осцилляции в отношение живой ткани кроется в ее в высшей степени специфическом нагревании. Но даже грубая количественная оценка результатов экспериментов, проведенных с другими телами, показывает, что эта точка зрения тоже ошибочна. Единственное правдоподобное объяснение, которое я мог бы предложить, заключается в том, что живая ткань является конденсатором. Только этим можно объяснить отсутствие вредного воздействия. Однако следует отметить, что как только образуется неоднородная цепь, к примеру, если взять в руки полосу металла и таким образом сформировать замкнутый контур, то становится ощутимым прохождение тока через руки и отчетливо проявляются другие физиологические эффекты. Разумеется, самое сильное поле возникает тогда, когда возбуждающий контур образован только одним витком проволоки, за исключением случаев, когда соединения составляют значительную часть всей длины цепи. В

этом случае экспериментатору следует установить минимально необходимое количество витков и ясно представлять себе, что он теряет при увеличении количества витков, и что приобретает от увеличения общей длины цепи. Необходимо понимать, что если возбуждающая катушка содержит значительное количество витков и имеет небольшую длину, то в этом случае могут преобладать эффекты электростатической индукции, а также между первым и последним витком может возникнуть большая разность потенциалов — сто тысяч вольт и более. Однако последний эффект присутствует всегда, даже если задействуется только один виток.

! Когда человек помещается внутрь такого контура, любые кусочки металла, какими бы маленькими они ни были, нагреваются до ощутимой температуры

Без сомнения, они и должны нагреваться — особенно, если сделаны из железа — находясь внутри живой ткани, что может представлять собой новый метод хирургического лечения. Возможно, таким образом можно будет стерилизовать раны, определять местонахождение и даже извлекать из тела металлические предметы, а также проводить другие хирургические операции.

Большинство из перечисленных результатов, а также многие другие, до сих пор рассматривающиеся как выдающиеся, стали возможны только благодаря использованию разряда конденсатора. Все это выглядит весьма правдоподобно, но даже среди тех, кто работает в этих областях, найдется немного специалистов, которые по достоинству оценили бы такой замечательный инструмент как конденсатор. Позвольте мне изложить идею этого эффекта. Возьмем некий конденсатор, достаточно маленький, чтобы он умещался в кармане, который при правильном использовании может создавать электрическое напряжение, при необходимости в сотни раз превосходящее то, что способны вырабатывать самые большие существующие электростатические машины. Либо возьмем тот же конденсатор и использовав его иным образом, получаем ток такой мощности, на фоне которого ток самого мощного сварочного аппарата, выглядит незначительным. Те же, кто заражен популярными идеями получения напряжения с электростатических машин, а электрического тока с коммерческих трансформаторов, будут поражены данным заявлением — убедитесь в истинности сказанного, увидев все это собственными глазами. Добиться таких результатов довольно легко, поскольку конденсатор может разряжаться в течение очень короткого промежутка времени. Ничего похожего на эти свойства физической науке не известно. Ни сжатая пружина, ни аккумуляторная батарея, ни любо другое устройство, способное сохранять энергию, не может делать того, что может конденсатор. В противном случае, с их помощью уже были бы созданы вещи, которые кажутся нам сейчас недостижимыми. Наиболее близким по свойствам конденсатору является динамит. Но даже самый мощный взрыв этого соединения, не идет ни в какое сравнение с мощностью разряда конденсатора. Давление, которое образуется в результате детонации химического соединения, измеряется в десятках тонн на квадратный дюйм, а то, что может произойти в результате разряда конденсатора, может измеряться в тысячах тонн на квадратный дюйм. И если бы был изобретен химический состав, который взрывался бы так же быстро, как разряжается конденсатор в условиях, вполне реализуемых на сегодняшний день, то одной унции этого вещества было бы достаточно, чтобы вывести из строя самый большой линкор.

Инструмент, обладающий такими выдающимися свойствами, может найти себе достойное применение в повседневной жизни. Я давно в этом убежден, и прекрасно понимаю, что предстоит преодолеть немало трудностей, прежде чем будут заменены ныне используемые несовершенные средства передачи электрической энергии. А трудности эти весьма многочисленны. Сами конденсаторы, производимые промышленным способом, неэффективны, проводники — неэкономны, лучшая изоляция — неадекватная, а условия для наиболее эффективного преобразования трудно создать и поддерживать. Одна трудность, тем не менее, оказалась более серьезной, чем другие и обнаружилась в устройствах, используемых для управления зарядкой и разрядкой конденсаторов. Я обратил на нее внимание, когда впервые описывал данную систему передачи электрической энергии. Им недоставало эффективности и

надежности, что угрожало возникновением серьезным неприятностей, и тем самым существенно ограничивало возможности использование системы, лишая ее многих ценных свойств. В течение многих лет я пытался справиться с этой проблемой, и за все это время проверил множество таких устройств. Многие из них, поначалу казавшиеся достаточно хорошими, на деле оказались не такими. Неохотно согласившись, я вернулся назад к идее, над которой работал задолго до этого. Я заменил обычные щетки и сегменты коммутатора на жидкие контакты. При этом я столкнулся с большими трудностями, но годы работы в лаборатории не были потрачены напрасно, и мне сопутствовал успех. Сначала было необходимо заставить циркулировать жидкость, но делать это помпой было непрактично. Мне пришла в голову счастливая идея сделать помповое устройство составной частью прерывателя цепи, поместив и то и другое в кожух, чтобы предотвратить окисление. Далее я представил себе простой способ поддерживания циркуляции, такой как вращение тела ртути. Затем я понял, как можно уменьшить износ и потери, которые все еще было немало.

Я опасаюсь, что это изложение, описывающее то, как много усилий тратилось на кажущиеся незначительными детали, не передает основную мысль, которую я хотел бы донести до Вас. Вынужден признать, что мое терпение находилось на пределе. Наконец, я был удовлетворен получившимся устройством, которое оказалось простым и надежным в эксплуатации, которое практически не требовало к себе внимания, и было способно эффективно преобразовывать значительные объемы электрической энергии при хорошей экономичности. Это не самое лучшее, что можно было сделать, но вполне удовлетворительно, и я чувствую, что справился с этой труднейшей задачей.

Теперь врачи смогут получить инструмент, удовлетворяющий многим требованиям. Они смогут использовать его при электротерапии в большинстве из вышеперечисленных случаев. В комплект прибора будут входить несколько катушек, которые будут пригодны для любых целей. Прибор сможет выдавать любой ток и любое напряжение. Каждая такая катушка будет состоять всего из нескольких витков провода, поэтому затраты на их производство будут довольно незначительны. Прибор также позволит генерировать рентгеновские лучи значительно большей мощности, чем те которые вырабатываются обычным аппаратом. Трубка должна поставляться от тех изготовителей, которые обеспечивают качество продукции, и позволяют концентрировать большее количество энергии на электродах. Как только это будет сделано, никаких помех не окажется на пути всестороннего и эффективного использования этого прекрасного открытия, которое должно в конце концов найти себе применение не только в руках хирурга, но и электротерапевта, и что наиболее важно, бактериолога.

Чтобы передать общую идею инструмента, в котором воплощены многие последние усовершенствования, я буду ссылаться на Рис. 9, иллюстрирующий основные части прибора. Показан вид сбоку и частично вид сверху в вертикальном поперечном разрезе. Расположение частей такое же, как и в предыдущих случаях. Только возбуждающая катушка с вибрирующим прерывателем заменена улучшенным прерывателем цепи, на который была сделана ссылка

Это устройство включает в себя литую форму *Л* с выступающей втулкой *B,* которая поддерживает свободно вращающийся вал *a.* На валу расположен якорь, помещенный в поле постоянного магнита *M,* а наверху находится полый железный шкив *D,* в котором и находится прерыватель цепи. Внутри вала а, концентрически по отношению к нему, установлен такой же, но меньшего размера вал *Ь,* также свободно вращающийся в шарикоподшипнике; и поддерживающий груз *E.* Груз расположен с одной стороны, поэтому валы *a* и b отклонены от вертикали. Когда шкив вращается, груз остается неподвижным. Прикрепленное в грузу *E* устройство *R,* выполненное в форме ковша с очень тонкими стенками, суженого на ближнем к шкиву конце, и расширеного на противоположном. Небольшое количество ртути помещено в шкив, который вращается против узкого конца ковша. При этом часть жидкости забрасывается тонкой и широкой струей к центру шкива. Верхняя часть последнего герметично закрыта железной шайбой. Эта шайба удерживает на стальном пруте *L* диск *F,* сделанный из того же металла, что и шайба, с помощью большого числа тонких скользящих контактов *K.* Прут *L*

изолирован шайбами *N* от шкива, а для удобства заполнения ртутью предусмотрен маленький винт *o*. Болт *L,* представляющий собой одну из клемм прерывателя цепи, соединен медной полосой с первичным контуром *p*. Другой конец первичного контура ведет к одной из клемм конденсатора С, расположенного в отделении ящика *Л*. Другие отделения ящика зарезервированы для выключателя *S* и места под инструменты. Другая клемма конденсатора подключается к литой форме *A* и через нее к шкиву *D*. Когда шкив вращается, скользящие контакты *K* начинают быстро двигаться к и от контакта вместе с потоком ртути, тем самым быстро замыкая и размыкая цепь. Такое устройство легко может производить десять тысяч прерываний в секунду и даже больше. Вторичный контур состоит из двух отдельных катушек. Они расположены так, что могут выскальзывать, а полоса металла в середине соединяет их с первичным контуром. Это сделано для того, чтобы предохранить вторичный контур от поломки, когда одна из клемм перегружается, как это часто случается в работающих рентгеновских лампах. Катушка такой формы может выдерживать значительно большую разность потенциалов, чем обычная катушка.

Сфера и якорь двигателя изготовлены из пластин, что позволяет использовать двигатель в цепях как постоянного, так и переменного тока. Валы установлены как можно ближе к вертикали — в таком положении им требуется меньше смазки. Таким образом, единственная деталь, которая требует к себе некоторого внимания, — это коммутатор двигателя, однако, при наличии постоянного источника переменного тока, возможные проблемы отпадают сами собой.

Соединения цепи данного устройства уже были продемонстрированы, а режим работы описан в периодической печати. Обычный способ соединения отображен на Рис. 8, где A^2A^2 — клеммы питающей цепи, *L* — самоиндукционная катушка для повышения напряжения, которая последовательно соединена с конденсатором *C* и первичным контуром *P P*. *О*ставшиеся литеры обозначают соответствующие части устройства, изображенного на Рис.9.

I
НАУЧНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАТЬИ

ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ТОКОВ ОЧЕНЬ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ*

Журналы по электричеству становятся все более и более интересными. Каждый день наблюдаются новые факты и встают новые проблемы, овладевающие вниманием инженеров. В последних номерах английских журналов, особенно в Electrician, было поднято несколько новых вопросов, которые привлекли к себе более чем просто обычное внимание. Выступление Профессора Крукса оживило интерес к его красивым и искусно выполненным экспериментам, эффект, наблюдавшийся на электросетях Ферранти, побудил выразить свои мнения нескольких ведущих Английских электротехников, а М-р. Свинбурн указал на некоторые интересные моменты в связи с конденсаторами и возбуждением в динамо.

Собственные знания и опыт автора побудили его отважиться на некоторые замечания по этим и другим вопросам в надежде, что эти замечания дадут какую-нибудь полезную информацию читателю или наведут его на размышления.

Среди своих многочисленных экспериментов Профессор Крукс демонстрирует ряд опытов с трубками без внутренних электродов, и из его замечаний можно сделать вывод, что полученные с этими трубками результаты довольно необычны. Если это так, то автор должен выразить свои сожаления о том, что Профессор Крукс, чья превосходная работа восхитила каждого исследователя, не воспользовался в своих экспериментах машиной переменного тока, сконструированной должным образом, — а именно, такой, которая дает, скажем, 10,000 — 20,000 перемен тока в секунду. Тогда его исследования этого сложного но пленительного предмета были бы [гораздо] полнее. Конечно, это правда, что при использовании такой машины, подключенной к индукционной катушке, отличительные особенности электродов, — что во многих экспериментах если и не необходимо, то желательно, — теряются, и в большинстве случаев оба электрода ведут себя схожим образом. Но, с другой стороны, экспериментатор получает возможность произвольно усиливать эффекты. Когда используется вращающийся переключатель или коммутатор, достижимая частота переключений постоянного тока ограничена. Когда коммутатор вращается быстрее, первичный ток-ослабевает, а если ток увеличивать, то искрение, которое нельзя полностью преодолеть конденсатором, портит прибор. Ни одного из этих ограничений нет, если применять машину переменного тока, потому что можно достичь любой желаемой частоты изменения в первичном токе. Таким путем возможно получить чрезвычайно большую электродвижущую силу во вторичной цепи при относительно небольшом первичном токе, и помимо того, можно вполне полагаться на безупречную исправность работы прибора.

Попутно автор также отметит, что любой, кто будет пытаться сконструировать такую машину в первый раз, сможет потом написать целое сказание о своих мытарствах. Само собой разумеется, он сначала начнет делать якорь с нужным количеством полярных выступов. После чего получит удовлетворение от того, что создал прибор, который вполне подойдет для аккомпанемента в опере Вагнера. Кроме того, он сможет по ходу дела овладеть добродетелью преобразования механической энергии в тепло почти что в совершенстве. Если будет обращение полярности полюсов, то он будет получать тепло от машины; если обращения не будет, нагрев

---

* The Electrical World, 21 Февраля 1891 г.

будет меньше, но и выхода почти не будет. Он после этого откажется от железа в якоре, и попадет от Сциллы к Харибде. Он будет ожидать одной трудности, а сталкиваться с другой, но после нескольких попыток он сможет получить почти то, что хотел.

Среди большого числа экспериментов, которые можно провести с такой машиной, не последний интерес представляют опыты с индукционной катушкой высокого напряжения. Характер разряда полностью меняется. Дуга устанавливается на гораздо бо́льших расстояниях, и на нее столь легко влияет самый слабый поток воздуха, что часто она извивается самым причудливым образом. Она обычно издает ритмический звук, свойственный дугам переменного тока, но любопытно, что этот звук можно слышать при числе перемен намного выше десяти тысяч в секунду, что многими считается [приблизительной] границей слышимости. Катушка во многих отношениях ведет себя как статическая машина. Острия существенно уменьшают ее разрядный промежуток, потому что электричество свободно стекает с них, а от присоединенного к одной из клемм провода исходят потоки света, как если бы он был соединен с полюсом мощной машины Теплера. Все эти явления возникают, безусловно, главным образом благодаря получаемой огромной разности потенциалов. Вследствие самоиндукции катушки и высокой частоты ток незначителен, тогда как напряжения соответствующий рост есть. Импульс тока определенной силы, начавшийся в такой катушке, продолжает течь не менее четырех десятитысячных секунды. Поскольку это время больше, чем половина периода, то получается, что противоположная электродвижущая сила начинает действовать в то время, пока ток еще течет. И как следствие этого, напряжение растет как давление в заполненной жидкостью трубе, которая быстро вибрирует относительно своей оси. Ток настолько мал, что, по мнению и невольному опыту автора, разряд даже очень большой катушки не может причинить сколько-нибудь серьезного вреда, тогда как в случае, если та же самая катушка будет работать под током меньшей частоты, то, хотя электродвижущая сила и будет гораздо меньше, разряд ее будет несомненно весьма вредоносным. Этот эффект, однако, лишь частично обусловлен высокой частотой. Опыт автора говорит о том, что чем больше частота, тем больше количество электрической энергии, которое может пройти через тело человека без серьезного дискомфорта; откуда представляется необходимым вывод, что человеческие ткани действуют как конденсаторы.

Экспериментатор не вполне готов к поведению катушки, подсоединенной к Лейденской банке. Он, конечно, ожидает, что из-за высокой частоты емкость банки должна быть маленькой. Поэтому он берет очень маленькую банку, размером примерно с небольшой стакан для вина, но обнаруживает, что даже с такой банкой катушка практически оказывается замкнутой накоротко. Тогда он уменьшает емкость, пока не доходит приблизительно до емкости двух сфер, скажем, десяти сантиметров в диаметре и на расстоянии два — четыре сантиметра. Тогда разряд принимает форму зазубренной ленты, которая выглядит в точности как последовательность искр, наблюдаемая в быстро вращающемся зеркале; зубцы, конечно, соответствуют разрядам конденсатора. В этом случае экспериментатор может наблюдать странный эффект. Разряд начинается в ближайших [друг к другу] точках, постепенно нарастает, прерывается где-то в районе верха сфер, начинается вновь внизу и так далее. Это происходит так быстро, что несколько зазубренных лент видны одновременно. Это может озадачить на несколько минут, но объяснение достаточно просто. Разряд начинается в ближайших точках, воздух нагревается и поднимает дугу вверх, пока она не прервется, тогда! она вновь устанавливается в ближайших точках, и т.д. Поскольку ток легко проходит через конденсатор малой емкости, естественным будет то, что подсоединение только одного контакта к телу того же размера, не важно насколько хорошо изолированного, заметно уменьшает расстояние пробоя дуги.

Отдельный интерес представляют опыты с трубами Гейсслера. Откачанная трубка, не содержащая в себе каких-либо электродов, на некотором расстоянии от катушки будет светиться. Если трубка от вакуумного насоса идет рядом с катушкой, то весь насос ярко светится. Поднесенная к катушке лампа накаливания начинает светиться и ощутимо нагревается. Если контакты лампы подсоединены к одной из клемм катушки, и к колбе лампы

приблизить руку, то возникает очень любопытный и весьма неприятный разряд от стекла к руке, при этом нить [лампы] может раскалиться. Этот разряд в определенной степени сходен с потоком, исходящим от пластин мощной машины Тэплера, но несравненно больше по величине. Лампа в этом случае работает как конденсатор, разреженный газ является одной обкладкой, а рука человек — другой. Когда колбу лампы берут в руку и приближают металлические контакты или приводят их в контакт с проводником, соединенным с катушкой, уголь ярко раскаляется и стекло быстро нагревается. Со 100-вольтовой лампой в 10 свечей можно без особых неудобств выдержать ток, достаточный для того, чтобы лампа ярко засветилась; но продержать ее в руке можно только несколько минут, потому что стекло разогревается за необычайно короткое время. Когда трубка загорается при приближении ее к катушке, ее можно погасить, если поместить металлическую пластину в руке между катушкой и трубкой; но если металлическую пластину закрепить на стеклянной палочке или еще как-нибудь изолировать, трубка будет продолжать светиться и тогда, когда внесут пластину, или даже может начать светиться еще ярче. Этот эффект зависит от положения пластины и трубки относительно катушки, и его легко предсказать, предположив, что имеет место проводимость между одним контактом катушки и другим. В зависимости от положения пластины она может или отводить ток от трубки, или направлять его к ней.

В другом направлении своей работы автор часто во время экспериментов заставлял лампы накаливания на 50 и 100 вольт гореть с любой [световой] силой, когда оба контакта каждой лампы подключались к толстому медному проводу длиной не более нескольких футов. Эти эксперименты представляются достаточно интересными, но не более, чем тот странный эксперимент Фарадея, воскрешенный и много раз исполненный недавними исследователями, в котором разряд заставляют бить между двумя концами согнутого медного провода. Этот эксперимент можно повторить и здесь, что представляется столь же интересным. Когда трубку Гейсслера, контакты которой соединены медным проводом, подносят к катушке, определенно никто не будет готов увидеть, что трубка начнет светиться. Достаточно любопытно, что она светится, и еще более того, что провод особенного влияния не оказывает. В первый момент можно подумать, что к этому явлению какое-то отношение имеет сопротивление провода. Но конечно же, это сразу отклоняется, потому что для этого нужна огромная частота. Этот эффект кажется загадочным только сначала; поразмыслив, становится достаточно ясно, что провод особой разницы не делает. Это можно объяснить более чем одним способом, но вероятно наилучшим образом согласуется с наблюдениями то предположение, что присутствует проводимость от контактов катушки через пространство. При этом предположении, если трубку с проводом держать в любом положении, то провод может отбирать не намного более, чем тот ток, который течет через пространство, занятое проводом и металлическими контактами трубки; через прилегающее пространство ток течет практически без возмущения. По этой причине, если трубку держать в любом положении под прямыми углами к линии, соединяющей клеммы катушки, провод вообще вряд ли оказывает какое-либо влияние, но в положении более или менее параллельном этой линии он до определенной степени влияет на яркость трубки и ее способность загораться. Исходя из того же предположения можно объяснить и многие другие явления. В частности, если концы трубки снабдить щетками достаточной величины и держать на линии, соединяющей контакты катушки, она не загорается, и тогда почти весь ток, который иначе бы тек однородно через пространство между щетками, отводится через провод. Но если трубку в достаточной степени наклонить по отношению к этой линии, она загорается несмотря на щетки. Также, если металлическую пластину закрепить на стеклянной палочке и держать под прямыми углами к линии, соединяющей клеммы, и ближе к одному из них, то трубка, расположенная более или менее параллельно этой линии, мгновенно загорится, когда один из контактов коснется пластины, и погаснет, когда [контакт] отделится от пластины. Чем больше размер пластины, до определенного предела, тем легче трубка загорается. Когда трубка располагается под прямыми углами к линии, соединяющей клеммы, а

потом поворачивается, ее яркость растет, пока она не станет параллельна этой линии. Автор должен, однако, отметить, что он не поддерживает идею утечки или тока через пространство более, чем как удобное объяснение, потому что убежден, что все эти эксперименты не могли бы быть выполнены со статической машиной, дающей постоянную разность потенциалов, и что большое отношение к этим явлениям имеет эффект конденсатора.

При работе с катушкой Румкорфа с быстро меняющимися токами следует принять определенные предосторожности. Первичный ток не следует включать слишком надолго, иначе катушка может стать настолько горячей, что расплавит гуттаперча или парафин, или еще как-нибудь повредит изоляции, и это может произойти на удивление быстро, учитывая силу тока. При включенном первичном токе контакты обмотки тонкого провода можно соединять без особого риска, поскольку сопротивление настолько велико, что трудно вызвать ток через тонкую обмотку, достаточный, чтобы как-либо его повредить, и на самом деле, катушка в целом может находиться в гораздо большей безопасности, когда контакты тонкого провода соединены, нежели когда они изолированы; однако особенно осторожным надо быть, когда контакты подключаются к Лейденской банке, потому что где-нибудь в районе критической емкости, которая противодействует самоиндукции при существующей частоте, катушку может постигнуть судьба Св. Поликарпа. Если дорогой вакуумный насос начинает светиться, находясь вблизи катушки или касаясь провода, подключенного к одному из контактов, ток можно оставить только на несколько кратких моментов, иначе стекло потрескается из-за нагревания разреженного газа в одном из узких мест — по собственному опыту автора *quod crat demonstrandum*[*].

Есть много других интересных моментов, которые можно наблюдать в связи с такой машиной. Эксперименты с телефоном, проводником в сильном поле или с конденсатором или дугой, свидетельствуют о том, что можно воспринимать звуки далеко за верхними пределами общепринятых пределов слышимости. Телефон издает ноты [с частотами] от двенадцати до тринадцати тысяч колебаний в секунду, далее начинает сказываться неспособность сердечника следовать столь быстрым переменам. Однако, если магнит и сердечник заменить конденсатором, а контакты подсоединить к высоковольтной вторичной обмотке трансформатора, все еще будет слышно более высокие ноты. Если ток направить вокруг тонко покрытого сердечника и аккуратно держать небольшой кусочек тонкого листа железа непосредственно вблизи сердечника, звук еще можно слышать при количестве перемен от тринадцати до четырнадцати тысяч в секунду, если ток достаточно сильный. Помимо этого, небольшая катушка, плотно втиснутая между полюсами мощного магнита, будет при вышеуказанном количестве перемен издавать звук, а дуги можно слышать и при более высокой частоте. Предел слышимости оценивается разными способами. В работах Сэра Томпсона где-то указывается, что предел — это десять тысяч в секунду или около того. Другие, но менее надежные, источники определяют его как двадцать четыре тысячи в секунду. Описанные выше эксперименты убедили автора, что звуки с несравненно более высоким числом вибраций в секунду можно было бы воспринять, если бы их можно было произвести с достаточной мощностью. Нет никакой причины, по которой это не должно было бы быть так. Уплотнения и разрежения воздуха обязательно вызовут соответствующую вибрацию диафрагмы, и это вызовет определенное ощущение, какова бы ни была — конечно, в определенных пределах, — скорость передачи сигнала к нервным центрам, хотя вполне вероятно, что ухо по бедности опыта не будет способно различить такие звуки. С глазом дело обстоит по-другому; если чувство зрения, как многие считают, основано на некотором эффекте резонанса, никакое количественное увеличение интенсивности эфирной вибрации не сможет расширить наши границы видимости в любую из сторон спектра.

---

[*]) *Что и требовалось доказать (лат. - пп.)* - Думаю, нужно отметить, что хотя индукционная катушка может дать довольно хороший результат при работе со столь быстро переключающимися переменными токами, тем не менее ее конструкция, почти безотносительно к железному сердечнику, делает ее весьма непригодной для столь высоких частот, и для получения лучших результатов конструкцию следует сильно модифицировать. *(прим.авт.)*

Границы слышимости дуги зависят от ее размера. Чем больше поверхность, подверженная эффекту нагрева в дуге, тем выше граница слышимости. Наиболее высокие звуки издаются высоковольтными разрядами индукционной катушки, в которых дуга, скажем так, является всей поверхностью. Если R — сопротивление дуги, а C — ток, и если линейные размеры увеличить в n раз, то сопротивление станет R/n, и при той же плотности тока ток будет $n^2 C$; поэтому нагревательный эффект вырастет в n^3 раз, а поверхность только в n^2. По этой причине очень большие дуги не будут испускать никакого ритмического звука даже при очень низкой частоте. При этом надо заметить, что испускаемый звук в некоторой степени зависит от состава угля. Если уголь содержит очень тугоплавкий материал, при нагревании это поддерживает температуру дуги однородной и звук уменьшается; по этой причине представляется, что для переменной дуги нужны именно такие угли.

При токах таких высоких частот можно получить бесшумные дуги, но настройка лампы становится крайне сложной из-за чрезвычайно слабых притяжений или отталкиваний между проводниками, переносящими эти токи.

Интересной особенностью дуги, полученной таким быстро переменяющимся током, является ее продолжительность. Этому есть две причины, одна из которых наличествует всегда, а другая лишь иногда. Одна обусловлена свойством тока, другая — свойством машины. Первая причина более важна, и вызвана быстротой переключений. Когда дуга формируется периодическим волнообразным током, возникает соответствующая волнообразность в температуре столба газа, и, следовательно, соответствующая волнообразность в сопротивлении дуги. Но сопротивление дуги чрезвычайно сильно меняется с температурой газового столба, становясь практически бесконечным, когда газ между электродами холодный. Продолжительность дуги, таким образом, зависит от неспособности столба охлаждаться. По этой причине невозможно поддерживать дуги при токе, переключающемся лишь несколько раз в секунду. С другой стороны, при практически постоянном токе дуга поддерживается легко, потому что постоянно поддерживаются высокая температура и низкое сопротивление столба. Чем выше частота, тем меньше интервал времени, в течение которого дуга может остыть и заметно увеличить свое сопротивление. При частоте 10,000 в секунду или более в дуге того же размера на постоянную температуру накладываются небольшие вариации температуры, как рябь на поверхности глубокого моря. Эффект нагрева практически непрерывен, и дуга ведет себя как дуга, создаваемая постоянным током, за исключением того, что она может не так легко устанавливаться, и что электроды расходуются дугой одинаково; хотя в этом отношении автор наблюдал некоторые нерегулярности.

Вторая упомянутая причина, которая может и отсутствовать, обуславливается тенденцией машины столь высокой частоты поддерживать практически постоянный ток. Когда дуга удлиняется, электродвижущая сила растет пропорционально, и дуга становится более продолжительной.

Подобные машины словно специально предназначены для того, чтобы поддерживать постоянный ток, но совсем не подходят для постоянного напряжения. На самом деле, в определенной категории таких машин почти постоянный ток является практически неизбежным результатом. Когда сильно увеличивается число полюсов или полярных выступов, становится очень важным зазор. На самом деле, экспериментатору приходится иметь дело с огромным числом очень маленьких машин. Потом, есть сопротивление в якоре, которое высокая частота увеличивает чрезвычайно. Потом, опять же, облегчается магнитное рассеяние. Если чередующихся полюсов три или четыре сотни, рассеяние столь велико, что это практически то же самое, что в двух-полюсной машине соединить полюса куском железа. Правда, этого недостатка можно более или менее избежать, если использовать везде поле одной полярности, но тогда сталкиваешься с трудностями иной природы. Все эти явления стремятся поддерживать в цепи якоря постоянный ток.

В этой связи интересно отметить, что даже сегодняшние инженеры изумляются работе машины постоянного тока, так же, как несколько лет назад они считали удивительной способность машины поддерживать постоянную разность потенциала между контактами. Хотя одного результата так же легко добиться, как и другого. Надо только помнить, что в индукционном приборе любого вида, если нужен постоянный потенциал, индуктивное отношение между первичной, или возбуждающей, цепью и вторичной цепью, или якорем, должно быть как можно ближе. Тогда как в приборе для постоянного тока нужно как раз противоположное. Более того, противодействие течению тока в индуцируемой цепи должно быть как можно меньше в первом случае и как можно больше во втором. Но противодействие течению тока может вызываться более чем одним способом. Его можно вызвать омическим сопротивлением или самоиндукцией. Можно сделать индуцируемую цепь динамо машины или трансформатора с таким большим сопротивлением, что что в работе с приборами гораздо меньшего сопротивления в очень широких пределах будет поддерживаться почти постоянный ток. Но это большое сопротивление приводит к огромной потере в мощности, и поэтому непрактично. С самоиндукцией дело обстоит по-другому. Самоиндукция не обязательно означает потерю мощности. Мораль такова: вместо сопротивления используйте самоиндукцию. Кроме того, есть обстоятельство, которое способствует принятию такого плана действий, и состоит оно в том, что очень высокую самоиндукцию можно получить дешево, окружив сравнительно небольшую длину провода более или менее полностью железом, и, более того, эффект можно усиливать, вызывая быструю волнообразность тока. Чтобы все это просуммировать, для постоянного тока требования такие: Слабая магнитная связь между индуцируемой и индуцирующей цепями, насколько возможно высокая самоиндукция при наименьшем сопротивлении, наибольшая возможная частота перемен тока. Для постоянного потенциала, напротив, требуются: Как можно более близкую магнитную связь между цепями, равномерный индуцируемый ток, и, если возможно, никакой реакции. Если в машине постоянного потенциала последние условия получается выполнить полностью, ее выход будет многократно превосходить выход машины, изначально предназначенной для того, чтобы давать постоянный ток. К несчастью, тот вид машин, в которых эти условия можно соблюсти, имеет очень мало практической ценности из-за маленькой получаемой электродвижущей силы и сложностей в съеме тока.

С их обостренным инстинктом изобретателей нынешние электро-дуговики быстро распознали, чего не хватает машине постоянного тока. Их машины дугового света имеют слабые поля, большие якоря с огромной длиной медного провода и небольшим числом сегментов коммутатора, чтобы давать сильные изменения в силе тока и ввести в игру самоиндукцию. Подобные машины могут поддерживать практически постоянный ток в больших пределах вариации сопротивления цепи. Их выход, конечно, уменьшается соответственно, но, наверное именно имея в виду не слишком уж сильно этот выход уменьшать, и используется простой прибор для компенсации избыточных вариаций. Волнообразность тока — едва ли не самое важное для коммерческого успеха системы электродугового света. Она вводит в цепь стабилизирующий элемент вместо большого омического сопротивления, не приводя к большим потерям мощности, и, что еще более важно, она позволяет использовать простые зажимные (clutch) лампы, которые при токе с определенным, наилучшим для каждой конкретной лампы, количеством импульсов в секунду, будут, если за ними правильно следить, регулироваться даже лучше, чем самые хорошие точные (clock-work) лампы. Это открытие было сделано автором — с опозданием на несколько лет.

Знающие Английские электротехники утверждали, что в машине постоянного тока или трансформаторе на регулировку влияет изменение фазы вторичной цепи. Можно легко показать ошибочность этой точки зрения, если вместо ламп использовать устройства, каждое из которых обладает самоиндукцией и емкостью, или самоиндукцией и сопротивлением, — то есть замедляющей и ускоряющей компонентами, — в таких пропорциях, чтобы не влиять существенно на фазу вторичного тока. Любое количество таких устройств можно вставить в цепь или убрать из нее, и все равно окажется, что регулировка есть, постоянный ток

поддерживается, а электродвижущая сила с числом устройств меняется. Изменение фазы вторичного тока — это просто результат, следующий из изменений в сопротивлении, и, хотя вторичная реакция всегда более или менее важна, тем не менее реальная причина регулировки лежит в наличии вышеперечисленных условий. Следует, однако, указать, что в случае машины данные выше замечания должны ограничиваться случаями, когда машина возбуждается независимо. Если возбуждение выполняется посредством коммутации тока якоря, то фиксированное положение щеток делает любое смещение нейтральной линии чрезвычайно важным, и не следует считать нескромным со стороны автора отметить, что насколько позволяют записи, представляется, что он был первым, кто успешно отрегулировал машины, обеспечив шунтирующее соединение между точкой внешней цепи и коммутатором посредством третьей щетки. Когда якорь и поле надлежащим образом спропорционированны, и щетки размещены в определенных для них положениях, постоянный ток или постоянный потенциал получается в результате сдвига диаметра коммутации через изменение нагрузок.

В связи с машинами таких высоких частот конденсатор позволяет провести очень интересное исследование. Легко увеличить электродвижущую силу такой машины в четыре или пять раз по величине просто подключив к цепи конденсатор, и автор постоянно использовал такой конденсатор для регулировки, как предлагает Блэксли в своей книге по переменным токам, в которой он с изысканной простотой и легкостью рассмотрел наиболее часто возникающие проблемы с конденсатором. Высокая частота позволяет использовать малые емкости и делает исследование несложным. Тем не менее, хотя результат большинства экспериментов легко можно предсказать, некоторые явления сначала кажутся удивительными. Примером может послужить один эксперимент, проведенный три или четыре месяца назад с такой машиной и конденсатором. Использовавшаяся машина давала около 20,000 перемен в секунду. Два оголенных провода примерно двадцати футов длиной и двух миллиметров в диаметре, расположенные вблизи друг друга, были одним концом подключены к контактам машины, а другим — к конденсатору. Использовался небольшой трансформатор, конечно, без железного сердечника, чтобы привести показания в диапазон вольтметра Кардью, который подключался ко вторичной обмотке. На контактах конденсатора электродвижущая сила была примерно 120 вольт, откуда дюйм за дюймом постепенно снижалась до 65 вольт на контактах машины. Это было практически так же, как если бы конденсатор был генератором, а провод и цепь якоря — просто подключенным к нему сопротивлением. Автор искал случай резонанса, но не смог увеличить эффект ни посредством аккуратного и постепенного варьирования емкости, ни посредством изменения скорости машины. Случая полного резонанса достичь не удалось. Когда конденсатор был подключен к контактам машины — при этом сначала была определена самоиндукция якоря в максимальном и минимальном положении и взято среднее значение, — емкость, которая давала наибольшую электродвижущую силу, ближе всего соответствовала той, которая просто противодействовала самоиндукции при данной частоте. Если емкость увеличивалась или уменьшалась, электродвижущая сила как и ожидалось, падала.

При столь высоких частотах как те, что упомянуты выше, эффекты конденсатора очень важны. Конденсатор становиться очень эффективным прибором, способным передавать значительную энергию.

Автор считал, что машины высокой частоты могут найти применение по крайней мере в случаях, когда не предполагается передача на большие расстояния. С помощью конденсаторов можно уменьшить рост сопротивления в проводниках и увеличить в устройствах, если нужны эффекты нагрева, можно сделать трансформаторы более эффективными, добиться более высоких мощностей и достичь значительных результатов. Работая с машинами высокой частоты автор смог наблюдать эффекты от использования конденсаторов, которые в противном случае могли избежать его внимания. Его очень заинтересовало явление, наблюдавшееся на электросети Ферранти, о котором так много говорили. Мнения высказывали знающие электротехники, но кажется, вплоть до настоящего дня все пока еще находятся в догадках. Без сомнений, в высказанных взглядах должна содержаться истина,

но поскольку мнения различаются, часть из них должна быть ошибочной. Когда автор увидел диаграмму Ферранти в Электротехнике за 19 Декабря, у него сложилось мнение об этом эффекте. За отсутствием всех необходимых данных он должен удовлетвориться тем, что опишет на словах процесс, который, как он считает, несомненно и должен был происходить. Конденсатор привносит два эффекта: (1) Он меняет фазы токов в цепях; и (2) он меняет силу токов. Что касается изменений фазы, действие конденсатора состоит в том, что оно ускоряет ток во вторичной цепи в Дептфорде и замедляет в первичной в Лондоне. Первое влечет уменьшение самоиндукции в первичной в Дептфорде, а это означает меньшую электродвижущую силу динамо. Замедление в первичной цепи в Лондоне, если говорить только о фазе, имеет незначительный эффект или вообще никакого, потому что фаза тока во вторичной цепи в Лондоне не поддерживалась постоянной.

Далее, вторым эффектом конденсатора является увеличение тока в обеих цепях. Неважно, равны эти токи или нет; но необходимо сказать, чтобы увидеть важность Дептфордовского повышающего трансформатора, что увеличение тока в обеих цепях вызывает обратные эффекты. В Дептфорде это означает дальнейшее снижение электродвижущей силы в первичной цепи, а в Лондоне это означает повышение электродвижущей силы во вторичной. Таким образом, всё содействует появлению наблюдавшегося эффекта. Когда динамо подключено к сети непосредственно, можно увидеть, что никакого подобного эффекта происходить не может.

Автора особенно заинтересовали предположения и взгляды, выраженные М-ром Свинбурном. М-р Свинбурн часто оказывал ему почтение, не соглашаясь с его взглядами. Три года назад, когда автор, против преобладающего мнения инженеров, продвигал трансформатор с открытой цепью, М-р. Свинбурн был первым, кто критиковал его, когда писал в Electrician: "Этот трансформатор (Теслы) обязан быть неэффективным; его магнитные полюса вращаются, и поэтому у него не замкнута магнитная цепь". Два года спустя М-р Свинбурн становится поборником трансформатора с открытой цепью, и предлагает преобразовать его. Впрочем, *tempora mutantur, et nos mutamur in illis*[2].

Автор не может поверить в теорию реакции якоря, изложенную в Industries, хотя несомненно в ней есть доля истины. Но толкование М-ра Свинбурна столь широко, что может означать что угодно.

М-р Свинбурн, кажется, был первым, кто привлек внимание к нагреванию конденсаторов. Изумление, выраженное по этому поводу талантливейшим электротехником — это поразительная иллюстрация желательности проведения экспериментов в большем масштабе. Научный исследователь, который имеет дело с мельчайшими величинами, кто наблюдает слабейшие эффекты, заслуживает доверия гораздо большего, нежели тот, кто экспериментирует с аппаратурой индустриального масштаба. На самом деле история науки увековечивает примеры непостижимого мастерства, терпения и проницательности исследований. Но каково бы ни было мастерство, какова бы ни была острота понимания исследователя, они могут только выиграть от увеличения эффекта, тем самым способствуя изысканиям. Если бы Фарадей выполнил хотя бы один из своих экспериментов по динамической индукции в большем масштабе, это могло бы принести неисчислимую выгоду.

По мнению автора, нагревание конденсаторов вызывается тремя различными причинами: первая — утечка или проводимость; вторая — несовершенство упругости диэлектрика, и третье — волнение зарядов в проводнике.

Во многих экспериментах автор сталкивался с проблемой передачи наибольшего возможного количества энергии через диэлектрик. Например, он делал лампы накаливания, в которых конца нитей накала были полностью запаяны в стекло, но подключены к обкладкам внутреннего конденсатора, так что всю энергию нужно было передавать через стекло при площади поверхности конденсатора не больше нескольких квадратных сантиметров. Эти лампы при достаточно высоких частотах имели бы практический успех. При переменах на уровне

[2]) *Времена меняются, и мы меняемся вместе с ними (лат. - пп.)*

15,000 в секунду нити легко раскалялись. При более низких частотах это тоже можно было выполнить, но разность потенциалов, конечно, надо было увеличить. Далее автор обнаружил, что через некоторое время в стекле появляются отверстия и вакуум нарушается. Чем выше частота тем дольше может выдержать лампа. Такой износ диэлектрика всегда имеет место, когда количество энергии, передаваемое через диэлектрик определенного размера и определенной частотой, слишком велико. Стекло выдерживает лучше всего, но даже стекло изнашивается. Конечно, в этом случае разность потенциалов на пластинах слишком велика, и вызывает потери на проводимость и несовершенную упругость. Если нужно сделать конденсаторы, способные выдерживать разности потенциалов, то единственный диэлектрик, который не приводит ни к каким потерям, — это газ под давлением. Автор работал с воздухом под огромными давлениями, но в этом направлении есть огромное количество практических трудностей. Он думает, что для того, чтобы сделать конденсаторы, имеющие значительную практическую пользу, следует использовать более высокие частоты, хотя такой план имеет помимо прочих тот недостаток, что система становится весьма неподходящей для работы моторов.

Если автор не ошибается, М-р Свинбурн предлагал способ возбуждения генератора переменного тока с помощью конденсатора. Много лет назад автор выполнил эксперименты, имевшие в виду целью получить практичный самовозбуждающийся генератор переменного тока. Он разными путями преуспел в получении определенного возбуждения магнитов посредством переменных токов, которые не переключались механическими устройствами. Тем не менее, его эксперименты выявили факт, твердый как скала Гибралтара. Никакое практическое возбуждение нельзя получить одним только периодическим изменяющимся и не переключающимся током. Причина в том, что изменения в силе возбуждающего тока вызывают соответствующие изменения в силе поля, что приводит к возбуждению токов в якоре; и эти токи являются помехой тем, которые производятся движением якоря через поле, при этом первые на четверть фазы опережают вторые. Если поле сделать ровным, не получится никакого возбуждения; если его не выравнивать, определенное возбуждение получается, но магниты нагреваются. Комбинируя два возбуждающих тока — смещенных на четверть фазы, — можно получить возбуждение в обоих случаях, и если магниты не выровнять, эффект нагрева будет сравнительно мал, поскольку поддерживается однородность силы поля, и, если бы можно было получить совершенно однородное поле, возбуждение такого вида дало бы достаточные практические результаты. Если эти результаты должен обеспечивать конденсатор, как предложил М-р Свинбурн, то нужно скомбинировать два тока, разделенные четвертью фазы; это то же, что сказать, что обмотки якоря должны быть намотаны в две укладки и подсоединены к одному или двум независимым конденсаторам. Автор проделал некоторую работу в этом направлении, но должен отложить описание устройств до будущих времен.

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ ЧАСЫ*

Если тонкий, легко вращающийся и хорошо сбалансированный диск или цилиндр поместить в соответствующий гальванический раствор посредине между анодом и катодом, то одна половина диска станет электрически положительной, а другая половина — электрически отрицательной. Благодаря этому металл осаждается на одной и удаляется с другой половины, и диск приводится во вращение под действием силы тяжести. Поскольку количество металла, который осаждается и удаляется, пропорционально силе тока, то и скорость вращения, если она будет мала, пропорциональна току.

Первый прибор такого вида заработал у меня в начале 1888 в попытках сконструировать электрометр. Узнав, однако, что меня опередили другие, по крайней мере в том, что касается самого принципа, я изобрел прибор, приведенный на прилагающейся гравюре. Здесь *F* — прямоугольная рамка из твердой резины, закрепленная на деревянном основании. Рамка примерно *1/2* дюйма толщиной, 6 дюймов длиной и 5 дюймов высотой. На обеих ее вертикальных сторонах закреплены толстые металлические пластины, которые служат электродами. Эти пластины жестко удерживаются на резине зажимами T *T* и T'T'. На боковых сторонах рамки закреплены латунные пластины, соответственно, *B* и *B',* той же формы, что и резиновая рамка *F.* Эти латунные пластины служат для того, чтобы удерживать на своем месте две пластины из полированного стекла, и если под и над каждой пластиной проложить резиновую прокладку, то сосуд герметично запечатывается. При этом пластины можно прикручивать туго, не боясь их сломать.

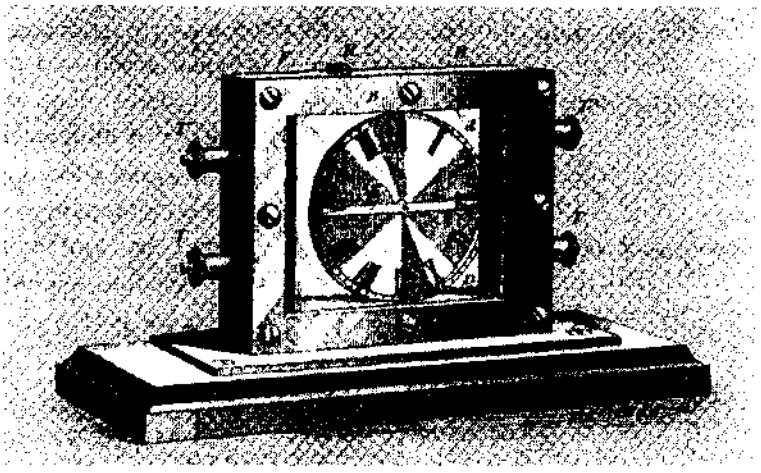
Гальванический раствор, который в данном случае является концентрированным раствором медного купороса, заливается внутрь через отверстие в верхней части резиновой рамки, закрывающееся затычкой *R.*

В центре сосуда помещается легкий и тонко сбалансированный медный диск *D,* ось которого поддерживается капиллярной стеклянной трубкой, прикрепленной к одной из стеклянных пластин сургучом или другим веществом, на которое не действует жидкость. Чтобы насколько возможно уменьшить трение, в капиллярной трубке, которая служит в роли подшипника, находится капелька масла. Центр диска должен быть равноудален от обоих электродов. К одной стороне оси диска прикрепляется очень легкий указатель или стрелка, лучше из стеклянного волоска. На стеклянной пластинке, которая со стороны этой стрелки, находится окружность с обычными часовыми делениями, выгравированная на ней как на циферблате часов. Эта окружность может быть подвижной, чтобы ее можно было установить в любое положение относительно стрелки. Если циферблат неподвижный, то вместе как стрелку можно использовать тонкую проволочку из отожженного железа. Проволочка должна быть размещена так, чтобы находиться точно в центре раствора. С помощью подковообразного магнита диск можно поворачивать и устанавливать в нужное положение.

---

* The Electrical Engineer, 6 Мая 1891 г.

Аккуратно заливается медный электролит и затычка *R* вставляется на место, контакты батареи постоянного тока подключаются к зажимам *T* и T', после чего время от времени наблюдается вращение диска. К другим зажимам *T* и T' подключается шунт, и меняя сопротивление этого шунта, или другого диска, регулируется скорость вращения, пока она не будет соответствовать делениям циферблата; то есть, пока, например, не будет делаться один оборот за 12 часов.



Очевидно, данный инструмент был придуман не для практических целей. Как и то, что он не будет достаточно точным в своих показаниях. Есть определенные ошибки, которые неизбежны в принципе; например, трение, которое нельзя полностью преодолеть. Но этот прибор интересен как средство новым способом показывать время. Тем не менее, показано, что при тщательной конструкции, постоянном токе и компенсаторе температуры можно сделать так, что он будет вращаться с почти безупречно равномерной скоростью. Чтобы достичь лучших результатов, плотность тока, конечно, должна быть очень мала, и диск примерно 3 дюйма в диаметре должен делать оборот за 6 часов. Вероятно, если использовать серебряный электролит и серебряный диск, то результаты будут еще лучше.

Очень интересно наблюдать поведение электролита и диска в таком узком прозрачном сосуде. Электролит становится чисто голубым, одна сторона диска кажется серебряно белой в определенном положении, а другая половина темной как тусклое серебро. Никакой разделительной линии нет, и оттенки красиво переходят один в другой.

УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Около полутора лет назад, занимаясь изучением переменных токов короткой продолжительности, мне пришло в голову, что такие токи можно было бы получать вращая

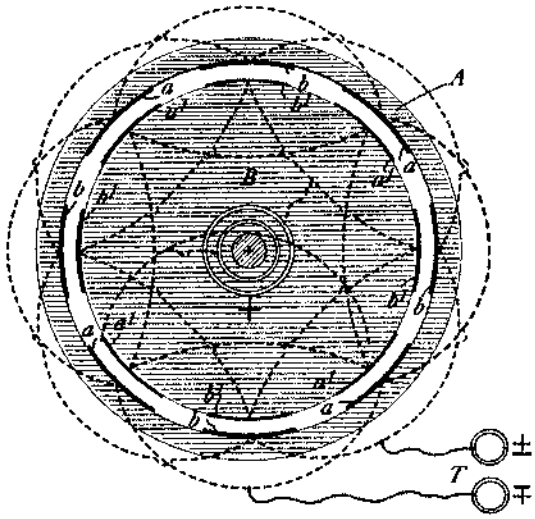


Рис. 1.

заряженные поверхности очень близко к проводникам. Соответственно, я придумал разные виды экспериментальных установок, две из которых проиллюстрированы на идущих ниже рисунках.

В приборе, показанном на Рис. 1, *A* — это кольцо из сухого твердого дерева, обработанного шеллаком, на внутренней стороне которого находятся два множества обкладок из оловянной фольги, a и b. Все обкладки *a* и все обкладки b, соответственно, соединены вместе между собой, но независимо друг от друга. Эти два множества обкладок подключены к двум контактам *T*. Для ясности показаны только несколько обкладок. Внутри кольца *A* и совсем близко к нему установлен вращающийся цилиндр *B,* тоже из сухого твердого дерева, обработанного шеллаком, и на нем находятся два аналогичных множества обкладок, a^1 и b^1, все обкладки a' соединены с одним кольцом, а все остальные, Л, с другим, кольца помечены + и —. Эти два множества, a' и b^1, заряжены до высокого потенциала от машины Гольца или Вимшурста, и еще могут быть подключены к банке некоторой емкости. Внутренняя сторона

* The Electrical Engineer, 6 Мая 1891 г.

кольца *A* покрыта слюдой, чтобы увеличить индукцию, а также для того, чтобы можно было использовать более высокие потенциалы.

Когда цилиндр *B* с заряженными обкладками вращается, то цепь, соединенная с контактами *T,* пересекают переменные токи. Другой вид прибора показан на Рис. 2. В этом

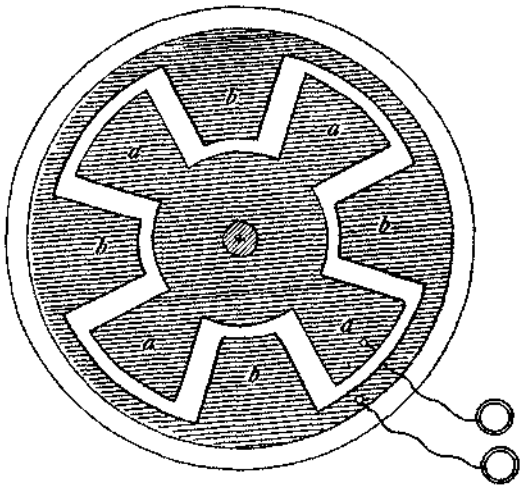


Рис. 2.

приборе два множества обкладок из оловянной фольги наклеены на пластину из эбонита, и есть другая такая же пластина, которая вращается и обкладки которой заряжены, как на Рис. 1.

Выход такого прибора очень мал, но можно наблюдать некоторые эффекты, свойственные переменным токам с короткими периодами. Правда, их не сравнить с эффектами, получаемыми с индукционной катушкой, подключенной к машине переменного тока высокой частоты, ряд которых я недавно описывал.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД В ВАКУУМНЫХ ТРУБКАХ*

В журнале *The Electrical Engineer* за 10 Июня я встретил описание некоторых экспериментов Проф. Дж. Дж. Томпсона, с "Электрическим Разрядом в Вакуумных Трубках", и в вашем выпуске от 24 Июня Проф. Элиу Томпсон описывает эксперимент того же типа. Фундаментальная идея в этих экспериментах состоит в том, чтобы создать электродвижущую силу в вакуумной трубке — предпочтительно, не содержащей внутри себя каких-либо электродов, — посредством электромагнитной индукции и таким образом возбудить трубку.

Насколько я представляю сам предмет, я склонен думать, что для любого экспериментатора, внимательно изучившего стоящую перед нами проблему и попытавшегося найти ее решение, эта идея должна выглядеть так же, как, например, идея заменить покрытия Лейденской банки из оловянной фольги на разреженный газ и возбудить свечение в получившемся в результате конденсаторе, попеременно заряжая и разряжая его. Отмечу, хотя мысль и очевидна, что какова бы ни была суть дела в данном направлении исследований, она обязательно зависит от полноты изучения предмета и правильности наблюдений. Следующие ниже строки написаны без какого-либо стремления с моей стороны увековечить себя как одного из тех, кто проделал аналогичные эксперименты, но с желанием помочь другим экспериментаторам, указав на определенные особенности наблюдаемого явления, которые, по всей видимости, не были отмечены Проф. Дж. Дж. Томпсоном, который, тем не менее, представляется вполне систематичным в своих исследованиях, и который был первым, кто обнародовал свои результаты. Отмеченные мной особенности могут показаться расходящимися со взглядами Проф. Дж. Дж. Томпсона и представить явление в другом свете.

Мои исследования в данном направлении полностью захватили меня в течение зимы и весны прошлого года. За это время было проведено много различных экспериментов, и в процессе моего обмена мыслями по этому предмету с М-ром Альфредом С. Брауном из Объединенной Западной Телеграфной Компании, было предложено множество различных вариантов расположения, которые я воплотил на практике. Рис. 1 может послужить примером одной из многочисленных форм прибора. Эта состоит из большой стеклянной трубки, запаянной с одного конца и вдающейся внутрь колбы обычной лампы накаливания. Первичная обмотка, обычно состоящая из нескольких оборотов толстой, хорошо изолированной медной полосы, вставляется внутрь трубки, а вторичную составляет внутреннее пространство колбы. К такой форме прибора я пришел после некоторого экспериментирования, и использовал ее главным образом с целью позволить мне поместить полированную отражающую поверхность на внутренней стороне трубки, и для этого последний оборот первичной обмотки был покрыт тонкой серебряной полосой. Во всех формах прибора, которые использовались, не было никаких сложностей с возбуждением светящейся сферы или цилиндра в близости от первичной обмотки.

Что касается числа витков, я не могу до конца понять, почему Проф. Дж. Дж. Томпсону потребовалось считать, что несколько витков "вполне достаточно", но чтобы не приписывать ему точку зрения, которую он мог и не иметь, я добавлю, что у меня создалось это впечатление

* The Electrical Engineer. N. Y., 1 Июля, 1891 г.

из чтения опубликованных конспектов его лекции. Ясно, что число витков, дающее наилучший результат в каждом случае, зависит от размеров прибора, и, не будь это так по многим соображениям, один виток всегда давал бы наилучший результат.

Я обнаружил, что в этих экспериментах предпочтительно использовать машину переменного тока, дающую умеренное число перемен в секунду, чтобы возбуждать индукционную катушку для заряда Лейденской банки, которая разряжается через первичную — схематично показано на Рис. 2, — потому что в этом случае, перед тем как возникает разряд пробоя, трубки или колба слегка возбуждается и явно облегчается формирование светящейся сферы. Но я также в некоторых экспериментах использовал и машину Вимшурста.

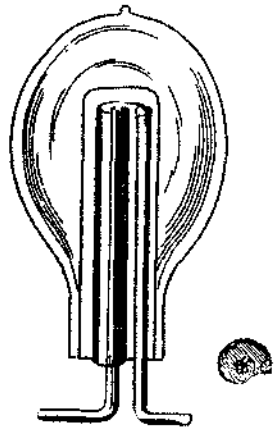


Рис. 1.

Точка зрения Проф. Дж. Дж. Томпсона на рассматриваемые явления представляется такой, что они полностью обусловлены электромагнитным действием. Я придерживался одно время того же мнения, но внимательное исследование предмета привело меня к убеждению, они имеют скорее электростатическую природу. Следует помнить, что в этих экспериментах нам приходится иметь дело с первичными токами огромной частоты или скорости изменения и высокого потенциала, и что вторичный проводник состоит из разреженного газа, и что при таких условиях электростатические эффекты должны играть важную роль.

В поддержку своей точки зрения я опишу несколько проделанных мной экспериментов. Для возбуждения свечения в трубке не является абсолютно необходимым, чтобы проводник был замкнутым. Например, если обычную откачанную трубку (желательно большого диаметра) окружить спиралью из толстого медного провода, служащего первичной цепью, в трубке можно возбудить слабо светящуюся спираль, что грубо показано на Рис. 3. В одном из этих экспериментов наблюдался любопытный эффект; а именно, внутри трубки сформировались два интенсивно светящихся круга, каждый из которых близок к витку первичной спирали, и я приписал это явление наличию узлов на первичной обмотке. Эти круги были соединены тусклой светящейся спиралью, параллельной первичной обмотке и находящейся очень близко к ней. Я обнаружил, что для получения этого эффекта нужно заряжать банку до предела. Витки спирали стремятся сблизиться и образовать окружности, но это, конечно, можно было бы ожидать, и это не обязательно указывает на электромагнитный эффект; тогда как тот факт, что можно получить свечение вдоль первичной обмотки в форме открытой спирали свидетельствует в пользу электростатического эффекта.

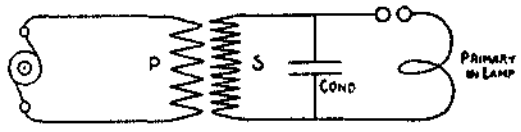


Рис. 2.

Если использовать цепь с обратным ходом Д-ра Лоджа, это электростатическое влияние столь же несомненно. Устройство показано на Рис. 4. В его экспериментах две полые откачанные трубки H H надевались на провода цепи с обратным ходом, и при разряде банки обычным способом в трубках возбуждалось свечение.

Другой проведенный эксперимент показан на Рис. 5. В данном случае обычная колба лампы была окружена одним или двумя оборотами толстого медного провода P, и светящийся круг L возбуждался в колбе разрядом банки через первичную цепь. Колба лампы была со стороны, обратной по отношению к первичной цепи, снабжена покрытием из оловянной фольги, и каждый раз, когда эту фольгу соединяли с землей или с большими объектами, свечение круга заметно возрастало.

В других экспериментах я замечал, что когда первичная цепь касается стекла, светящийся круг получить легче, и он резче очерчен; но я не отмечал, что, вообще говоря, индуцированные круги были очень резко очерчены, как наблюдал Проф. Дж. Дж. Тóмпсон; напротив, в моих экспериментах они были широкими и часто светилась вся колба или трубка; и в одном случае я наблюдал интенсивное багровое сияние, о котором говорит Проф. Дж. Дж. Тóмпсон. Но круги всегда были совсем вблизи первичной цепи, и получать их было намного легче, когда последняя находилась очень близко к стеклу, намного проще, чем можно было бы ожидать, предполагая, что эффект электромагнитный и учитывая дистанцию; эти факты говорят за электростатический эффект.

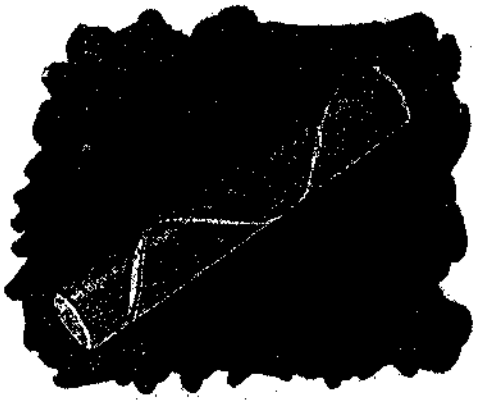


Рис. 3.

Более того, я наблюдал, что есть молекулярная бомбардировка в плоскости светящегося круга под прямыми углами к стеклу, — если полагать, что круг лежит в плоскости первичной цепи, — эта бомбардировка очевидна из быстрого нагревания стекла вблизи первичной цепи. Если бы бомбардировка не шла под прямыми углами к стеклу, нагрев не был бы столь быстрым. Если есть круговое движение молекул, составляющих светящийся круг, я думаю, можно было бы сделать его видимым, если поместить внутри трубки или колбы, радиально по отношению к кругу, тонкую пластинку слюды, порытую каким-нибудь фосфоресцентным материалом, и другую такую пластинку тангенциально к кругу. Если бы молекулы совершали круговое движение, первая пластинка фосфоресцировала бы ярче. За недостатком времени я, однако, не смог провести такой эксперимент.

Другое наблюдение, сделанное мной, состояло в том, что когда определенная индуктивная емкость среды между первичной и вторичной цепями увеличивается, индуктивный эффект усиливается. Это грубо показано на Рис. 6. В этом случае свечение возбуждалось в откачанной трубке или колбе В и стеклянная трубка Т скользила между первичной цепью и колбой, когда был замечен описываемый эффект. Если бы действие было полностью электромагнитным, никаких изменений бы не наблюдалось.

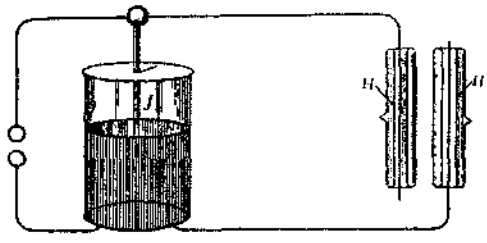


Рис. 4.

Я также заметил, что когда колба окружена проводом, замкнутым на себя и лежащим в плоскости первичной цепи, это не препятствует формированию светящегося круга внутри; колбы. Но если вместо этого провода будет широкая полоса оловянной фольги, приклеенная к колбе, образования светящегося обруча не будет, потому что воздействие распределяется по большей площади. Эффект от замкнутой фольги без сомнения имел электростатическую природу, потому что у фольги сопротивление было гораздо больше, чем у замкнутого провода, и поэтому давало гораздо меньший электромагнитный эффект.

Некоторые эксперименты Проф. Дж. Дж. Тóмпсона также, как кажется, демонстрируют определенное электростатическое действие. Например, в эксперименте с колбой, заключенной в колоколообразной банке, я думаю, что когда последняя откачивалась до уровня наибольшей проводимости содержащегося в ней газа, образование круга в колбе и банке не возникало из-за

того, что пространство, окружающее первичную цепь, имело слишком высокую проводимость; когда банку откачивали еще больше, проводимость пространства вокруг первичной цепи уменьшалось, и круги обязательно возникали сначала в колоколообразной банке, потому что разреженный газ находился ближе к первичной цепи. Но если бы индуктивный эффект был очень мощным, они вероятно возникали бы и в колбе тоже. Если, с другой стороны, откачать колоколообразную банку до высшей степени, они вполне вероятно появились бы только в колбе, если предположить, что откачанное пространство будет не проводящим. Предположив, что в этих явлениях работают электростатические эффекты, мы обнаружим, что становится

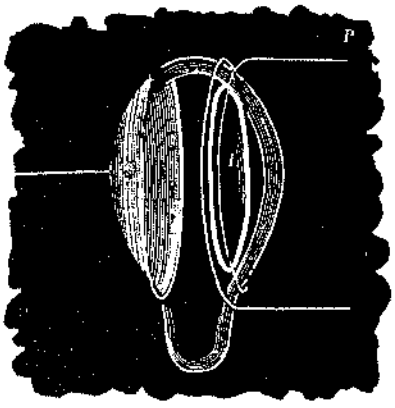


Рис. 5.

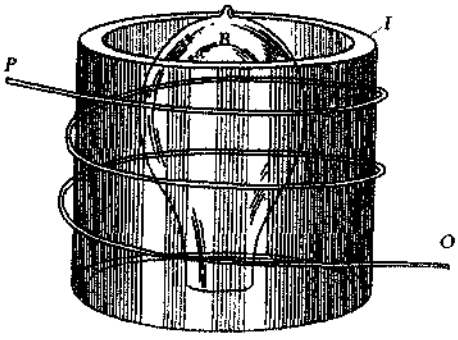


Рис. 6.

легко объяснить, почему введение ртути или нагревание колбы мешает образованию светящегося обруча или сокращает после-свечение; а также почему в некоторых случаях платиновый провод препятствует возбуждению в трубке. Тем не менее, некоторые эксперименты Проф. Дж. Дж. Томпсона, как кажется, указывают на электромагнитный эффект. Я могу добавить, что в одном из моих экспериментов, когда вакуум получался по методу Торричелли, я не мог получить светящийся обруч, но это могло быть и благодаря слабому возбуждающему току.

Мой главный аргумент таков: Я экспериментально доказал, что если один и тот же разряд, которого едва лишь хватает, чтобы возбудить в колбе светящийся обруч, при пропускании через первичную цепь будет направлен таким образом, чтобы он усиливал электростатический индуктивный эффект, — а именно, обращая его вверх, — то откачанная трубка без электродов может возбуждаться на расстоянии нескольких футов.

ЗАМЕЧАНИЕ ПРОФ. ДЖ. ДЖ. ТОМПСОНА В ЛОНДОНСКОМ ELECTRICIAN, 24 ИЮЛЯ 1891 Г.

«Кажется, М-р. Тесла приписывает наблюдавшиеся им эффекты электростатическому воздействию, и у меня нет сомнений, исходя из описания, которое он дает своему способу проведения его экспериментов, что в них электростатическое воздействие играет очень важную роль. Он, однако, как кажется, неправильно понял мою позицию в том, что касается причин этих разрядов, которая состоит не в том, что, как он полагает, свечение в трубках без электродов не может быть получено в результате электростатического воздействия, а в том, что его также можно получить, когда это воздействие исключается. На самом деле, гораздо проще получить свечение, когда эти электростатические эффекты действуют, чем когда они не действуют. В качестве иллюстрации этого я могу упомянуть, что мой первый эксперимент, который я пробовал с разрядом Лейденской банки, производил свечение в трубке, но только после непрерывного шестинедельного экспериментирования я смог получить разряд в откачанной трубке, который, как я убедился, был обусловлен тем, что обычно называется электродинамическим действием. Целесообразно ясно понять, что же мы подразумеваем под электростатическим действием. Если до разряда банки поднять потенциал первичной катушки до высоких значений, она будет индуцировать через стекло

трубки распределение электричества. Когда потенциал первичной катушки неожиданно падает, эта электрификация будет перераспределять себя, и может проходить через разреженный газ и в процессе этого производить свечение. Пока протекает разряд банки, сложно и, с теоретической точки зрения, нежелательно разделять эффект на части, одна из которых электростатическая, а другая электромагнитная; что мы можем доказать, так это то, что в данном случае разряд не такой, какой был бы вызван электродвижущей силой производной от потенциальной функции. В моих экспериментах первичная катушка была соединена с землей, и в качестве еще большей предосторожности, первичная катушка была отделена от разрядной трубки экраном из промокательной бумаги, намоченной в разбавленной серной кислоте и соединенной с землей. Мокрая промокательная бумага — достаточно хороший проводник для того, чтобы экранировать стационарный электростатический эффект, хотя недостаточно хороший, чтобы остановить волны переменной напряженности электрического поля. Во время показа экспериментов Физическому Обществу я не мог, естественно, держать трубки укрытыми, но, если моя память меня не обманывает, я сообщил о предосторожностях, которые я принимал против электростатического эффекта. Чтобы исправить недоразумение я могу сказать, что не читал Обществу формальной бумаги, моей целью было продемонстрировать несколько из наиболее типичных экспериментов. Отзыв об экспериментах в Электротехнике был сделан из заметок репортера, он не был написан, и даже не был прочитан мной. Я теперь уже почти закончил писать, и надеюсь очень скоро опубликовать, отчет об этих и большом числе других экспериментов, включая и некоторые аналогичные упомянутым М-ром Теслой по влиянию проводников, расположенных рядом с разрядной трубкой, которые, как я обнаружил, в одних случаях вызывают уменьшение, а в других — увеличение яркости разряда. А также и эксперименты по воздействию присутствия веществ с большой специфической диэлектрической проницаемостью. Кажется, они допускают удовлетворительное объяснение, за которым я должен отослать читателей к моей статье.»

ОТВЕТ НА ЗАМЕЧАНИЕ ДЖ. ДЖ. ТОМПСОНА В ELECTRICIAN, 24 ИЮЛЯ 1981 Г. [1]

В *The Electrical Engineer* от 12 Августа я обнаружил некоторые замечания Проф. Дж. Дж. Томпсона, которые первоначально появились в Лондонском *Electrician* и имели отношения к некоторым экспериментам, описанным мной в вашем издании от 1 Июля.

У меня не было, как кажется полагает Проф. Дж. Дж. Томасов, неправильного понимания его позиции относительно причины рассматривавшихся явлений, но я считал, что в его экспериментах, как и в моих собственных, огромное значение имеет электростатический эффект. Из скудных описаний его экспериментов не явствовало, что были предприняты все меры для исключения этих эффектов. Я не сомневался в том, что если полностью исключить электростатическое воздействие, то возбудить свечение в закрытой трубке можно. На самом деле, сначала, я сам искал чисто электродинамический эффект и верил, что я его получил. Но многие эксперименты, проведенные в то время, доказали мне, что электростатический эффект был в целом гораздо важнее, и допускает более удовлетворительное объяснение большинства наблюдавшихся эффектов.

Употребляя термин *электростатический,* я имел в виду более природу воздействия, нежели стационарность условий, что является обычным значением этого термина. Чтобы выразиться более ясно, я предположу, что закрытая откачанная трубка размещается рядом с небольшой сферой, заряженной до очень высокого потенциала. Сфера действовала бы на трубку индуктивно, и через распределение электричества в ней несомненно вызывала бы свечение (при достаточно высоком потенциале) до тех пор, пока не были достигнуты неизменные условия. Полагая, что трубка совершенно хорошо изолирована, во время действия распределения была бы только одна моментальная вспышка. Это было бы вызвано просто электростатическим воздействием.

А теперь предположим, что заряженная сфера сдвигалась бы на короткие промежутки с большой скоростью вдоль откачанной трубки. Теперь трубка возбуждалась бы непрерывно, потому что двигающаяся сфера вызывала бы постоянное перераспределение электричества и столкновения молекул разреженного газа. Мы снова имели бы дело с электростатическим

[1]) The Electrical Engineer, Нью-Йорк, 26 Августа 1891 г.

эффектом, и вдобавок наблюдали бы электродинамический эффект. Но если бы было обнаружено, например, что полученный эффект более зависит от диэлектрической проницаемости, нежели от магнитной проницаемости среды, — что непременно имело бы место при скоростях, несравнимо меньших скорости света, — то я думаю, было бы оправданно для меня говорить, что этот эффект в основном был электростатической природы. И хотя я не имею в виду сказать, что какие-либо сходные условия преобладают в разряде Лейденской банки через первичную цепь, но я думаю, что такое было бы желательным.

Именно в духе приведенного выше примера я и использовал понятия "более электростатической природы, "и исследовал влияние тел с высокой [диэлектрической] проницаемостью, и обнаружил, например, важность качества стекла, из которого изготовлена трубка. Я также старался выяснить влияние среды с высокой [диэлектрической] проницаемостью, используя кислород. Из грубой оценки получалось, что кислородная трубка при возбуждении при тех же условиях, — настолько, насколько можно это определить, — дает больше света; но это может, конечно, быть обусловлено многими причинами.

Ни мало не сомневаясь в том, что при предосторожностях, принятых Проф. Дж. Дж. Томпсоном, возбуждаемое свечение обуславливалось только электродинамическим воздействием, я бы все таки сказал, что во многих экспериментах я наблюдал удивительные случаи неэффективности экранирования, и я также обнаружил, что электрификация через воздух часто является очень важной и может, в некоторых случаях, определять возбуждение трубки.

В своем первоначальном сообщении в *Electrician* Проф. Дж. Дж. Томпсон ссылается на тот факт, что свечение в трубке вблизи провода, через который разряжается Лейденская банка, было отмечено Хитторфом. Я думаю, что упомянутый эффект слабого свечения отмечался многими экспериментаторами, но в моих экспериментах эффекты были намного мощнее тех, что обычно отмечались.

ЗАМЕТКИ ОБ УНИПОЛЯРНОМ ДИНАМО*

Фундаментальным открытиям, великим достижениям интеллекта свойственно сохранять неистощающуюся власть над воображением мыслителя. Памятный эксперимент Фарадея с диском, вращающимся между двумя полюсами магнита, принесший столь величественный плод, уже давно вошел в повседневную жизнь; хотя этот зародыш современного динамо и мотора имеет некоторые особенности, которые даже сегодня изумят нас, и достойны самого пристального изучения.

Возьмем, например, случай, когда диск из железа или другого металла вращается между двумя противоположными полюсами магнита, и полярные поверхности полностью покрывают обе стороны диска. И допустим, что ток снимается или подается на него контактами однородно по всему периметру диска. Первое имеет место в моторе. Во всех обыкновенных моторах работа зависит от определенного смещения или изменения результирующей магнитного притяжения, воздействующего на якорь, и этот процесс осуществляется либо неким механическим приспособлением в моторе, или воздействием токов соответствующего характера. Мы можем объяснить работу такого мотора точно так же, как мы объясняем работу водяного колеса. Но в вышеприведенном примере диска, полностью окруженного полярными поверхностями, нет ни сдвига магнитного воздействия, ни какого-либо изменения, насколько известно, и все-таки вращение происходит. Поэтому здесь обычные рассуждения не применимы. Мы не можем даже дать поверхностного объяснения этому, как в обычных моторах, и работа устройства станет понятной, только после того, как мы поймем самую природу задействованных в ней сил и охватим тайну невидимого связующего механизма.

Для случая динамо машины диск оказывается столь же интересным объектом изучения. Помимо удивительной способности давать токи одного направления без применения каких-либо переключающих устройств, такая машина отличается от обычного динамо еще и тем, что нет реакции между якорем и полем. Ток якоря стремится создать намагничивание под прямыми углами к намагничиванию от тока поля, но поскольку ток снимается однородно во всех точках периметра, и поскольку, если быть точными, внешняя цепь тоже может быть построена совершенно симметричной относительно поля магнита, никакой реакции не может возникнуть. Это верно однако только при слабо возбужденных магнитах, потому что при более или менее интенсивных магнитах оба намагничивания под прямыми углами друг к другу по-видимому взаимодействуют друг с другом.

И по одной только вышеуказанной причине получается, что выход такой машины на единицу веса должен быть больше, чем у любой другой машины, в которой ток якоря стремится размагнитить поле. Выдающийся выход униполярного динамо Форбса и опыт автора подтверждают эту точку зрения.

Опять же, поражает легкость, с которой делается так, чтобы эта машина возбуждала себя, но это может объясняться - помимо отсутствия реакции якоря - совершенной гладкостью тока и тем, что само-индукция здесь не существует.

---

* The Electrical Engineer, N. Y., 2 Сентября, 1891 г.

Если полюса не покрывают диск полностью с обеих сторон, то конечно же, если диск не разделен должным образом на части, такая машина будет очень неэффективной. И вновь в этом случае есть моменты, которые стоит отметить. Если диск вращается, а ток поля прерывается, то ток через якорь будет продолжать течь, и полевые магниты будут терять свою силу сравнительно медленно. Причина этого станет сразу ясна, когда мы разберемся в направлении токов, идущих в диске.

В соответствии со схемой на Рис. 1, *d* это диск со скользящими контактами *B B'* на оси и периметре. *N* и *S* - это два полюса магнита. Если полюс *N* находится наверху, как на схеме, то

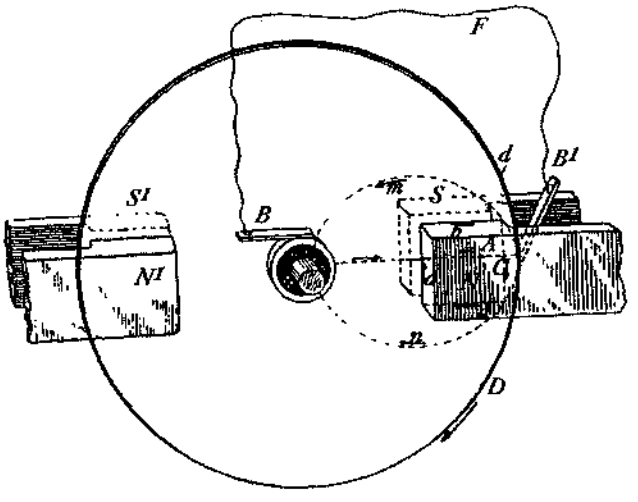


Рис. 1.

1;

I диск будет расположен в плоскости бумаги, и вращение будет идти в направлении стрелки *D,* поскольку установившийся в диске ток будет течь из центра к периметру, как показано стрелкой *A.* Поскольку магнитное действие более или менее ограничено пространством между полюсами *N* и *S,* остальные части диска можно считать неактивными. Установившийся ток будет, таким образом, проходить через внешнюю цепь *F,* но будет замыкаться через сам диск, и вообще говоря, если расположение будет некоторым образом похоже изображенному на схеме, намного бо̀льшая часть сгенерированного тока не будет проявляться вовне, поскольку цепь *F* практически замкнута накоротко через неактивные части диска. Направление результирующих токов в диске можно положить совпадающим с изображенными пунктирными линиями и стрелками *m* и n*;* и направление тока возбуждающего поля - как изображено стрелками *a b c d.* Если рассмотреть рисунок, то видно, что одна или две ветви завихряющегося тока, то есть *A B' m B,* будут стремиться размагничивать поле, тогда как остальные ветви, то есть *A B' n B,* будут оказывать противоположное воздействие. Таким образом, ветвь *A B' m B,* то есть так, которая начинает входить в поле, будет отталкивать его линии, а ветвь *A B' n B, mo* есть та, которая выходит из поля, будет собирать линии силы на себя.

Вследствие этого будет существовать постоянна тенденция к уменьшению течения тока по пути *A B' m B,* тогда как на пути *A B' n B* такого противодействия не будет, и в влияние второй ветви или пути будет более или менее перевешивать влияние первой. Совокупный эффект токов в обеих ветвях можно представить как эффект одного тока в направлении возбуждающего поля. Другими словами, завихряющиеся токи, циркулирующие в диске, будут возбуждать поле магнита. Этот результат прямо противоположен тому, который мы могли бы

сначала предположить, потому что мы естественно могли бы ожидать, что результирующий эффект токов якоря будет противоположным эффекту от токов поля, как обычно бывает, когда первичный и вторичный проводники находятся друг с другом в индуктивной связи. Но следует помнить, что это проистекает из конкретного расположения в данном случае, а именно, когда ток может течь по двум путям, и он выбирает тот, где меньше противодействие его течению. Из этого мы видим, что завихряющиеся токи в диске будут продолжать течь, и поле магнита будет терять свою силу сравнительно медленно и может даже определенную силу сохранять, пока продолжается вращение диска.

Конечно, результат будет во многом зависеть от сопротивления и геометрических размеров пути результирующего завихряющегося тока, а также от скорости вращения; именно эти

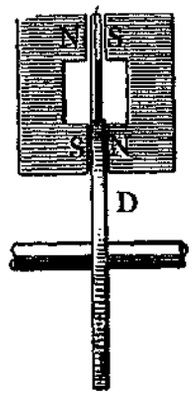


Рис. 2.

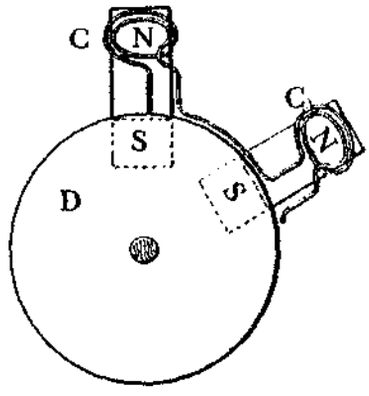


Рис. 3.

факторы определяют торможение этого тока и его положение относительно поля. При определенной скорости будет наблюдаться максимальное возбуждающее воздействие; при более высоких скоростях оно будет постепенно спадать до нуля и наконец развернется, то есть результирующий эффект завихряющихся токов будет ослаблять поле. Эту реакцию лучше всего можно продемонстрировать экспериментально, создав поля $N S$ и $N' S'$ легко движущиеся по оси, концентричной с осью диска. Если последний будет как и раньше вращаться в направлении стрелки *D,* то поле будет увлекаться в том же направлении с вращающим моментом, который вплоть до определенной точки будет увеличиваться со скоростью вращения, потом спадать, и, пройдя через ноль, станет наконец отрицательным. То есть, поле начнет вращаться противоположно диску. В экспериментах с моторами переменного тока, где поле смещается токами с различающейся фазой, этот интересных эффект тоже наблюдался. При очень низких скоростях вращения поля мотор демонстрировал вращающий момент в 900 фунтов и более, будучи измеренный на шкиве в 12 дюймов диаметром. Когда скорость вращения полюсов возрастала, вращающий момент снижался, становясь наконец нулевым, потом становился отрицательным, и тогда якорь начинал вращаться противоположно полю.

Возвращаясь к нашей основной теме, предположим, что условия таковы, что завихряющиеся токи, генерируемые вращением диска, усиливают поле, и предположим, что последнее постепенно удаляется, при этом вращение диска поддерживается с возрастающей скоростью. Ток, после того как он потек, может оказаться способен поддерживать себя сам и даже возрастать по своей силе, и тогда мы получим случай "аккумулятора тока" Сэра Вильяма Томпсона. Но как видно из вышеприведенного рассмотрения, для успеха эксперимента важно использовать *неразделенный* диск, потому что если будет радиальное разделение, то не смогут образовываться завихряющиеся токи, и самовозбуждение прекратится. Если бы применялся

такой радиально разделенный диск, то нужно было бы соединить спицы или им подобные части проводящим ободом или любым другим подходящим образом, чтобы образовалась симметричная система замкнутых цепей.

Действие завихряющихся токов можно применить для возбуждения машины любой конструкции. Например, на Рис. 2 и 3 показаны устройства, при которых можем возбуждаться машина с дисковым якорем. Здесь некоторое число магнитов, N S, N S, располагается радиально с каждой стороны металлического диска D, несущего на своем ободе множество изолированных катушек, C C. Магниты образуют два отдельных поля, внутреннее и внешнее, диск вращается в поле, ближайшем к оси, а катушки - в поле, дальнем от нее. Допустим, магниты слабо возбуждены в начале. Их может усилить воздействие завихряющихся токов в диске может их усилить, чтобы создать более сильное поле для периферийных катушек. Хотя несомненно, что при соответствующих условиях машина может возбуждаться таким или подобным ему образом, и этому утверждению есть достаточное количество экспериментальных доказательств, такой способ возбуждения был бы неэкономичным.

Но такое униполярное динамо или мотор, как показано на Рис. 1, можно эффективно возбуждать просто нужным образом разделив диск или цилиндр, в котором идут токи, и вполне можно избавиться от обычно используемых катушек возбуждения. Такая схема приведена на Рис. 4. Диск или цилиндр *D* вращается между двух полюсов *N* и *S* магнита, который полностью покрывает обе его стороны, - контуры диска и полюсов изображены окружностями *d* и *d'* соответственно, верхний полюс для ясности не нарисован. Сердечники магнита

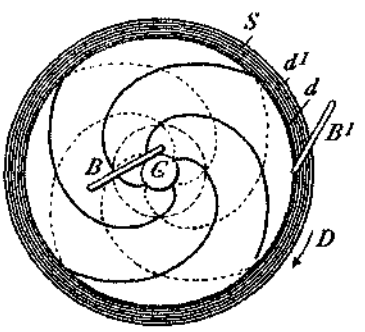


Рис. 4.

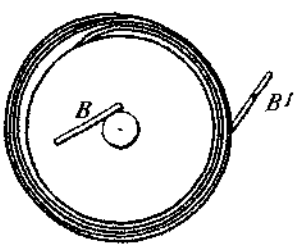


Рис. 5.

предполагаются полыми, чтобы через них проходила ось C. Если непомеченный полюс будет находиться снизу, и диск будет вращаться по часовой стрелке, то токи, как и до этого, будут течь из центра к краю, и их можно снимать скользящими контактами, *B* и B^1, расположенными соответственно на оси и на краю. В такой компоновке ток, текущий через диск и внешнюю цепь, не будет оказывать заметного влияния на возбуждающий магнит.

Но давайте предположим, что диск подразделен спирально, как показан сплошными или пунктирными линиями на Рис. 4. Разница потенциалов между точкой на оси и точкой на краю будет оставаться неизменной, как по знаку, так и по величине. Единственная разница будет в том, что вырастет сопротивление диска, и в том, что будет бо́льшее падение потенциала от точки на оси до точки на краю, когда тот же ток будет проходить через внешнюю цепь. Но поскольку ток будет вынужден следовать разделяющим линиями, мы видим, что он будет стремиться либо возбуждать, либо раз-возбуждать поле, и это будет зависеть, при прочих равных условиях, от направления линий разделения. Если разделение будет сделано по сплошным линиям на Рис. 4, то очевидно, если ток течет в том же направлении, что и раньше, то есть от центра к краю, его влияние будет усиливать возбуждающий магнит. Тогда как если разделение будет сделано по пунктирным линиям, то генерируемый ток будет стремиться

ослабить магнит. В первом случае машина будет способна возбуждать сама себя, когда диск вращается в направлении стрелки *D;* в последнем случае направлением вращение должно быть изменено на обратное. Два таких диска можно скомбинировать, как показано, причем два диска будут вращаться в противоположных полях и в одном и том же или в противоположных направлениях.

Такое подразделение можно, конечно, сделать и в такой машине, где вместо диска вращается цилиндр. В таких униполярных машинах можно, как описано, убрать обычные катушки возбуждения и полюса, и машина будет состоять только из цилиндра или двух дисков, заключенных внутри металлической отливки.

Вместо спирального разделения диска или цилиндра, как это показано на Рис. 4, более удобно поместить один или два витка между диском и контактным кольцом на краю, как показано на Рис. 5.

Таким способом может, например, возбуждаться динамо Форбса. По опыту автора было обнаружено, что вместо снятия тока как обычно скользящими контактами с двух таких дисков лучше использовать проводящую ленту. В этом случае диски снабжаются большими фланцами, дающими очень большую поверхность контакта. Ленту следует делать так, чтобы она удерживалась на фланцах давлением контактных пружин, чтобы компенсировалось растяжение. Два года назад автор построил несколько машин с ленточными контактами, и они удовлетворительно работали. Но из-за нехватки времени работа в этом направлении была временно приостановлена. Ряд особенностей, о которых написано выше, также были использованы автором в связи с некоторыми видами моторов переменного тока.

К ВОПРОСУ О РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧАХ (1)*

Невозможно смотреть на эту небольшую грушевидную лампу Крукса без чувства, которое сродни благоговейному трепету, если вспомнить все то, что она сделала для научного прогресса: во-первых, полученные ее создателем впечатляющие результаты, во-вторых, блистательная работа Ленарда, и, наконец, великолепные достижения Рентгена. Возможно, в ней все еще находится безмятежный Асмодей, которого волею судьбы освободит из тесной темницы какой-нибудь удачливый ученый. Временами и мне чудился нашептывающий голос, и я проводил напряженные поиски среди пылью покрытых ламп и бутылей. Боюсь, мое воображение обмануло меня, но мои запыленные лампы все еще здесь, и я до сих пор с надеждой прислушиваюсь.

После повторения превосходных экспериментов Профессора Рентгена я направил свои усилия по двум направлениям: на исследование природы излучений и на совершенствование средств их получения. Ниже привожу краткое и, надеюсь, полезное изложение методов, использованных при работе по этим направлениям, и достигнутых по ним наиболее значимых результатов.

Чтобы достичь наиболее сильных эффектов, необходимо, в первую очередь, учитывать, что, какова бы ни была их природа, они непременно будут зависеть от интенсивности катодных потоков. А так как катодные потоки, в свою очередь, зависят от величины потенциала, то требуется наивысшее из возможных электрическое напряжение.

Для получения высоких потенциалов можно воспользоваться либо обычной индукционной катушкой, либо электростатической машиной, либо катушкой разряда с пробоем. У меня такое впечатление, что большинство результатов европейских исследователей получены с помощью электростатической машины или катушки Румкорфа. Но так как эти приборы вырабатывают относительно низкий потенциал, то естественен выбор катушки с пробойным разрядом как самого эффективного устройства. Ведь у нее практически нет ограничений по длине искры, и единственное требование — это наличие у экспериментатора, как я уже отмечал в предыдущих статьях по этому вопросу, определенных знаний и опыта в настройке цепей, в особенности в плане резонанса.

После того, как экспериментатор сконструирует катушку пробоя, подходящую для источника постоянного или переменного тока, он приступает к выбору лампы. Ясно, что, если в лампу поместить два электрода либо использовать один внутренний электрод, а второй наружный, то потенциал ограничивается, так как присутствие не только анода, но вообще любого проводящего объекта обладает эффектом ослабления реального потенциала на катоде. Таким образом, для достижения намеченного результата приходится остановиться на лампе с одним электродом, а второй относить как можно дальше.

Очевидно, что для получения наивысшей скорости катодных потоков следует использовать внутренний электрод, т. к. лампы без внутренних электродов намного менее эффективны для этой конкретной цели из-за потерь на стекле. Видимо, бытует заблуждение относительно концентрации лучей вогнутыми электродами. Если это вообще как-то влияет, то это скорее

* Electrical Review, 11 Марта 1896 г.

недостаток. Для лампы есть определенная специфика в конструкциях катушки пробоя, цепей, конденсаторов и статических экранов, подробные описания которых я уже приводил ранее.

После выбора индукционной катушки и типа лампы следующая по важности задача — вакуум. На сей счет могу обнародовать факт, с которым давно знаком, и благодаря которому добился преимущества при изготовлении вакуумных рубашек и всевозможных ламп накаливания, и который — как я впоследствии обнаружил, — • является очень важным, если не



Рис. 1.

сказать ключевым, для получения контрастных теневых рентгеновских изображений. Я имею в виду метод разрежения газов электрическими устройствами до такой степени, которая лежит далеко за возможными пределами механических установок.

Хотя дающие довольно высокий потенциал электростатическая машина, как и обычная индукционная катушка, позволяют добиться подобного результата, я обнаружил, что наиболее подходящее и быстродействующее устройство — это катушка пробоя. Лучше всего делать так: Сначала посредством обычного вакуумного насоса откачиваем лампу до сравнительно высокого вакуума, хотя из опыта знаю, что это не абсолютно обязательно, поскольку я обнаружил возможность добиться разрежения начиная с низкого давления. После отключения от насоса лампу подсоединяют к клемме катушки пробоя, желательно с высокой частотой колебаний, и, как правило, наблюдаются следующие явления. Сначала по лампе расползается молочно-белое свечение, либо, если она была откачана до высокой степени разрежения, стекло какое-то мгновение фосфоресцирует. В любом случае фосфоресценция обычно быстро убывает, а вокруг электрода появляется белое свечение, после чего на некотором расстоянии от электрода образуется темное пространство. Вскоре свет принимает красноватый оттенок, и клемма очень сильно разогревается. Однако, подобный нагрев наблюдается лишь в случае мощных устройств. На этом этапе необходимо внимательно следить за лампой и регулировать потенциал, так как возможно быстрое выгорание электрода.

Спустя некоторое время красноватый свет тускнеет, потоки вновь становятся белыми, затем заметно ослабевают, колеблясь вокруг электрода, пока не исчезают окончательно. Тем временем стекло фосфоресцирует все сильнее, а пятно в месте соударения потока со стенкой становится очень горячим. Затем исчезает фосфоресценция вокруг электрода, и он охлаждается до такой степени, что на ощупь стекло вблизи него может быть холодным как лед. Необходимая степень разрежения газа в лампе получена. Чередуя нагрев и охлаждение и используя небольшой электрод, процесс можно ускорить. Следует добавить, что таким способом можно тренировать и лампы с наружными электродами. Интересно отметить, что при определенных условиях, которые я сейчас изучаю более тщательно, электрическими средствами давление газа в сосуде можно повышать.

Я полагаю, неизбежное распыление электрода связано с заметным понижением температуры. С того момента, когда электрод становится холодным, в трубке устанавливается очень хороший режим для получения рентгеновских теневых изображений. Когда электрод такой же горячий, как стекло, или еще горячее его, это верный признак недостаточно высокого вакуума или того, что электрод слишком мал. Для высокоэффективной работы нужно, чтобы внутренняя поверхность стенки, где проходит катодный поток, выглядела так, как будто стекло находится в расплавленном состоянии.

По моим данным для охлаждения лучше всего применять сильные струи холодного воздуха. Используя их, можно успешно работать с очень тонкостенной лампой, которая практически не препятствует прохождению лучей.

Замечу, что экспериментатору не следует отказываться от применения стеклянной лампы, так как на мой взгляд непроницаемость стекла, как и прозрачность алюминия, отчасти преувеличены, поскольку мною обнаружено, что очень тонкий лист алюминия отбрасывает заметную тень, и напротив, через толстую стеклянную пластину я получил изображения.

Ценность описанного выше метода не только в получении высокого вакуума, но, что еще важнее, еще и в том, что наблюдаемые явления проливают свет на полученные Ленардом и Рентгеном результаты.

Хотя явление разрежения при отмеченных выше условиях допускает различные толкования, основной интерес сфокусирован на одном из них, которого придерживаюсь и я, а именно, на том, что частицы действительно выбрасываются через стенки лампы. По моим последним наблюдениям выброс частиц начинает должным образом воздействовать на чувствительную пластину только с момента, когда разрежение становится значительным, а эффекты тем сильнее, чем быстрее процесс разрежения, даже несмотря на возможно не особенно яркую фосфоресценцию. Отсюда вытекает тесная связь двух эффектов, и я все сильнее склоняюсь к мысли, что, по-видимому, мы имеем дело с потоком материальных частиц, которые с большой скоростью соударяются с чувствительной пластиной. Исходя из проведенной Лордом Кельвином оценки скорости падающих частиц в лампе Крукса, легко достичь — при использовании очень высоких потенциалов — скоростей в сотни километров в секунду. И вновь возникает давнишний вопрос: происходит ли через стеклянные или алюминиевые стенки выброс частиц, которые вылетают из электрода или вообще из заряженной поверхности, включая и случай наружного электрода, или же эти частицы просто ударяются во внутреннюю поверхность и приводят к вылету частиц с внешней стороны стенки, воздействуя на них чисто механическим образом, по аналогии с ударом по расположенным в ряд бильярдным шарам? До сих пор большинство явлений указывало на то, что они выбрасываются через стенку лампы, из какого бы материала она ни была сделана, и теперь я в ищу еще более убедительное доказательство в данном направлении.

Возможно не всем известно, что даже обычный стример, резко и под большим напряжением вырываясь из клеммы катушки пробоя, проходит через толстую стеклянную пластину, как будто ее и нет. Бесспорно, что подобные катушки позволяют получать напряжение, при котором частицы вылетают по прямым линиям даже при атмосферном давлении. Мною уже получены отчетливые отпечатки в обычной воздушной атмосфере, и не с помощью стримеров, как делали некоторые экспериментаторы, применявшие электростатические машины или индукционные катушки, а реальным проецированием, причем тщательное экранирование статического электричества абсолютно предотвращало образование стримеров.

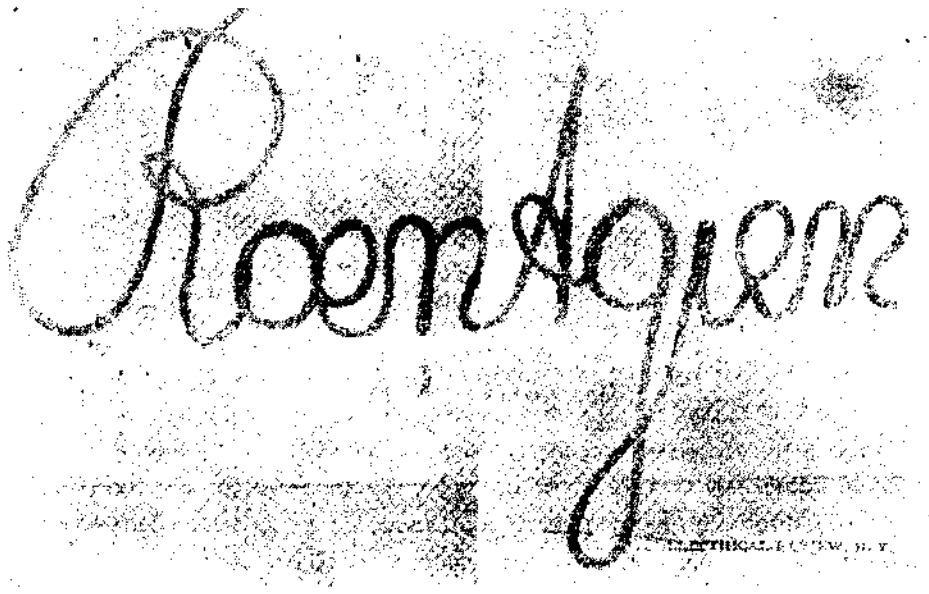


Рис. 2.

Похоже, что у рентгеновских лучей есть любопытная особенность — независимость от частоты, начиная от низкой и до наивысшей, какую только можно достичь, качества получаемых эффектов, за исключением их усиления с ростом частоты, что вполне вероятно вследствие того, что в этом случае выше и максимальное напряжение на катоде. Это возможно лишь при допущении, что эффекты на чувствительной пластине вызваны либо падающими частицами, либо колебаниями, частота которых лежит далеко за пределами той, которую мы способны получить с помощью разрядов конденсатора. Сильно возбужденная лампа окружена облаком фиолетового света, которое простирается более, чем на фут вокруг нее, но вне этого видимого явления отсутствует положительное свидетельство наличия волн, подобных световым. С другой стороны, некая связь непроницаемости с плотностью вещества — сильный аргумент в пользу материальных потоков. То же самое можно сказать и об эффекте, открытом Профессором Дж. Дж. Томсоном. Остается надеяться, что вскоре все сомнения будут рассеяны.

Прогнозируя создание пластин, особо чувствительных к механическим ударным воздействиям, можно ожидать, что появится ценное свидетельство природы данного излучения и будет усовершенствовано получение сильных ярких отпечатков. Подходящие химикаты для этого есть, и развитие в этом направлении может привести к отказу от существующих пластин. Кроме того, если мы все-таки имеем дело с потоками материальных частиц, то, по-видимому, возможно проецировать на пластину подходящее вещество, дабы обеспечить наилучшее химическое воздействие.

С помощью описанных мною устройств получены чудесные отпечатки на пластине. Возможно, идея усиления эффектов предстанет в более выигрышном свете, если упомянуть, что легко будет получать теневые изображения при относительно коротких экспозициях на расстоянии многих футов, а на небольших расстояниях и при тонких объектах можно работать с экспозициями в несколько секунд. Приложенный оттиск представляет собой теневое изображение медной проволоки, спроецированное на чувствительную пластину через деревянную крышку с расстояния в 11 футов. Это первое теневое изображение, полученное в лаборатории с помощью моего усовершенствованного устройства. Подобный отпечаток с расстояния около четырех футов был получен и сквозь тело экспериментатора, и через пластину стекла толщиной около трех шестнадцатых дюйма, и сквозь слой дерева почти в два дюйма. Однако, замечу, что при получении таких отпечатков мое устройство работало в чрезвычайно неблагоприятном режиме, который допускает настолько существенные улучшения, что я надеюсь усилить эффекты во много раз.

Строение костей птиц, кроликов и т.п. представлено в мельчайших деталях, отчетливо видна даже полость костей. На пластине с изображением кролика после часовой экспозиции видны не только все детали скелета, но и отчетливый контур брюшной полости и расположение легких, мех и многие другие особенности. На оттисках даже крупных птиц довольно ясно видны перья.

При экспозициях от четверти до одного часа получены четкие теневые изображения костей конечностей человека, а на некоторых пластинах такое количество деталей, что трудно поверить, что мы имеем дело лишь с теневыми изображениями. К примеру, картинка с обутой ступней — видны каждая складка кожаного ботинка, брюк, чулка и т.д. и при этом резко выделяются мышечная ткань и кости. Сквозь тело экспериментатора быстро получаются теневые изображения небольших пуговиц и подобных предметов, а при экспозиции от одного до полутора часов — как видно на приведенном оттиске — четко проявляются ребра, плечевые кости и кости предплечья. Теперь уже без сомнения продемонстрировано, что в любой части тела можно безошибочно обнаруживать небольшие металлические предметы, а также костные или известковые [подагрические] отложения.

При экспозиции от 20 до 40 минут легко получается контур черепа. В одном случае 40-минутная экспозиция четко проявила не только контур, но и глазную впадину, кость подбородка, скуловую и носовую кости, нижнюю челюсть и связки с верхней челюстью, позвоночный столб и связки с черепом, мышечную ткань и даже волосы. Странные эффекты отмечены при экспозиции головы мощным излучением. Например, я обнаружил, что клонит ко сну, а время, как показалось, пролетает быстро. Наблюдается общее успокоительное воздействие, и у меня было ощущение тепла в верхней части головы. Помощник независимо подтвердил сонливость и быстрое течение времени. Если эти примечательные эффекты будут подтверждены людьми с более острой наблюдательностью, я еще более твердо уверую в существование материальных потоков, пронизывающих череп. Тем самым окажется возможным направлять надлежащие химикалии в любую часть тела с помощью этих необыкновенных устройств.

Рентген скромно представил свои результаты, предостерегая от излишне больших надежд. К счастью, его опасения оказались беспочвенны, т.к. применение его открытия имеет широкие возможности, несмотря на то, что судя по всему нам предстоит иметь дело с простыми теневыми проекциями. Я счастлив, что внес вклад в развитие того великого творения, которое им создано.

К ВОПРОСУ О РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧАХ (2)

— самые последние результаты —

Редактору журнала Electrical Review

Позвольте заметить, что слегка удивлен, прочитав в Вашем журнале от 11 марта о том видном положении, которое по Вашему мнению гармонирует с моими юностью и талантом, в то время как скромно оставлены в тени представленные на рис. 1 ребра и прочие частности, которые я описал отчетливо видимыми, судя по сопровождающему мое сообщение оттиску. К сожалению, мною обнаружена и ошибка в одной из подписей под иллюстрацией, более того, вынужден признать, что она проистекает из моего собственного текста. Я имею в виду седьмую строку в третьей колонке на странице 135: "Подобный отпечаток с расстояния около четырех футов был получен и сквозь тело экспериментатора, ..." Упомянутый здесь отпечаток аналогичен показанному на рис. 2, а теневое изображение на рис. 1 получено с расстояния 18 дюймов. Это замечание сделано только лишь во имя точности моего сообщения, но поскольку затронута истинность самого факта получения такого теневого изображения при данном расстоянии, Вашу подпись можно оставить без изменения, так как и с расстояния в 40 футов я получаю контрастные теневые изображения. Повторяю, 40 и даже более футов. Но и это не все. Воздействия на пленку настолько сильные, что необходимо принимать меры, дабы при длительных экспозициях рассеянными лучами защитить от порчи пластины в фотографическом кабинете, расположенном этажом выше, на расстоянии по меньшей мере 60 футов. Хотя в процессе исследований мною выполнено множество казавшихся экстраординарными экспериментов, и неожиданные проявления неведомого крайне поражают меня, но еще более удивительно, что даже теперь мне видится возможность — если не сказать о моей уверенности в этом, — по крайней мере десятикратного усиления эффектов с помощью моей аппаратуры! И что можно ожидать тогда? Очевидно, что мы будем иметь дело с излучением невиданной мощности, и все интереснее и важнее становится исследование его природы. Вот непредвиденный результат работы, которая — хоть и удивительна сама по себе, — казалась незначительной и совершенно неспособной к такому распространению, и которая являет убедительный пример плодотворности оригинального открытия. Подобные воздействия на чувствительную пластину на таком огромном расстоянии я отношу к применению лампы с одним контактам, которая может работать практически при любом потенциале и позволяет получать огромные скорости падающих частиц. Очевидно также, что при такой лампе воздействие на флуоресцентный экран пропорционально сильнее, чем при использовании трубки обычного вида. И у меня уже достаточно данных, которые вселяют уверенность в том, что в этом направлении нас ждут удивительные события. Я считаю, что открытие Рентгена, позволяющее нам с помощью флуоресцентного экрана видеть сквозь непрозрачную субстанцию, даже превосходнее записи на пластину.

После моего предыдущего сообщения в Вашем журнале мне удалось значительно продвинуться вперед, и сейчас я могу представить еще один важный результат. Недавно с помощью *лишь только отраженных лучей* мною получены теневые изображения, и это вне

* Electrical Review, 18 Марта 1896 г.

всякого сомнения показывает, что рентгеновские лучи обладают этим свойством. Опишу один из экспериментов. Один из концов толстой медной трубки длиной около фута плотно закрывали кассетой, в которой находилась чувствительная пластина, как обычно защищенная матерчатым чехлом. Рядом с открытым концом трубки поместили толстую стеклянную пластину под углом 45 градусов к оси трубки. На расстоянии примерно в восемь дюймов над стеклянной пластиной подвесили лампу с одним контактом так, чтобы пучок лучей падал на пластину под углом в 45 градусов, а предполагаемые отраженные лучи проходили вдоль оси медной трубки. При 45-ти минутной экспозиции получалось четкое и контрастное теневое изображение металлического объекта. Изображение давали отраженные лучи, так как абсолютно исключалось прямое воздействие. Потому что было показано, что даже при самых жестких испытаниях, когда воздействия были намного сильнее, через толщу меди, равную толщине стенки трубки, на пленке невозможно было получить отпечаток. Путем сравнения силы воздействия с эквивалентным эффектом за счет прямых лучей я обнаружил, что в данном эксперименте от стеклянной пластины отражались примерно два процента прямых лучей. Надеюсь, что вскоре смогу представить более подробный отчет по этой и другим темам.

Пытаясь внести скромный вклад в познание открытых Рентгеном явлений, нахожу все больше доказательств в пользу теории перемещения материальных частиц. Однако у меня нет намерения отстаивать сейчас точку зрения, что подобный факт имеет отношение к теории света, я просто пытаюсь установить сам факт существования таких материальных потоков, коль дело касается этих отдельных эффектов. У меня уже есть огромное количество указаний на то, что бомбардировка происходит вне лампы, и я готовлю решающие испытания, которые, надеюсь, приведут к успеху. Расчетные скорости полностью учитывают воздействия при расстояниях от лампы до 100 футов, а то, что выброс происходит через стекло, представляется очевидным из процесса разрежения, который описан мною в предыдущем сообщении. Показательный в этом отношении эксперимент, о котором я собираюсь упомянуть, заключается в следующем: Если должным образом откачанную лампу с одним электродом подсоединить к клемме катушки пробоя, будут наблюдаться небольшие стримеры, прорывающиеся через стеклянные стенки. Обычно, подобный стример пробивается через изолятор и пробивает! лампу, что влечет ухудшение вакуума; но, если изолятор поместить выше клеммы, или предпринять другие меры, которые бы препятствовали прохождению стримера через стекло в этом месте, то зачастую стример прорывается через боковую стенку лампы, образуя малюсенькое отверстие. Удивительно то, что несмотря на связь с наружной атмосферой, воздух не может проникнуть в лампу, пока отверстие очень мало. В месте возникновения пробоя стекло может быть настолько сильно разогрето, что становится мягким; но оно не разрушается, скорее выпучивается, указывая на то, что внутреннее давление превышает атмосферное. Часто приходилось наблюдать, как стекло выпучивается, а отверстие, через которое прорывается стример, становится столь большим, что заметно невооруженным глазом. По мере вытеснения из лампы материи улучшается разрежение, а стример становится все слабее, после чего стекло вновь смыкается, герметично затягивая отверстие. lем не менее, процесс разрежения продолжается, причем на разогретом месте все еще видны стримеры до тех пор, пока не настанет высшая степень разрежения, после чего они могут исчезнуть. Вот, следовательно, положительное свидетельство вытеснения материи через стенки стекла.

При работе с сильно деформированными лампами мои глаза часто испытывали внезапный и иногда болезненный шок. Подобный шок может возникать столь часто, что глаз воспаляется, и не будет перестраховкой, если воздержаться от слишком пристального наблюдения за лампой. В таком шоке мне видится еще одно свидетельство выброса из лампы более крупных частиц.

К ВОПРОСУ ОБ ОТРАЖЕННЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧАХ*

В предыдущих сообщениях по открытым Рентгеном эффектам я ограничился лишь кратким описанием наиболее значительных результатов, полученных в ходе исследований. Честно говоря, я первый раз осмелился высказаться после некоторого колебания и закономерной задержки, и только после того, как убедился в необходимости приведенной мною информации; поскольку, подобно остальным, не вполне мог избавиться от ощущения, которое неизбежно испытывает всякий, вторгаясь на чужую территорию. Естественно, первооткрыватель и сам бы докопался в свое время до большинства фактов, и будет не лишней учтивая сдержанность при объявлении результатов со стороны его коллег. Сколь многие преступали приличия по отношению ко мне, заявляя о своих достижениях как раз в тот момент, когда я и сам был вполне готов это сделать! Но настолько прекрасными, увлекательными и перспективными явились открытия Рентгена, которые стоят в одном ряду с созданием телескопа и микроскопа, его видение сквозь толщу непроницаемой субстанции, полученные им отпечатки на чувствительной пластине доселе невидимых объектов, что отброшена всякая сдержанность, и каждый предается удовольствию размышления и эксперимента. Вот бы каждая новая и достойная мысль находила такой отклик! Тогда бы один единственный год сравнялся со столетием прогресса. Жизнь в такой эпохе была бы наслаждением, но я бы не пожелал быть первооткрывателем.

Среди фактов, которые я имел честь довести до сведения, есть один, представляющий большой научный интерес и немалое практическое значение. Я имею в виду вкратце уже описанною мною демонстрацию отражения.

Поскольку в процессе работы с вакуумными лампами и трубками мне часто приходилось получать результаты, которые, насколько я мог судить, невозможно убедительно объяснить никакой теорией колебаний, поэтому я приступил к исследованиям, хоть и неохотно, но ожидая обнаружить, что причиной полученных эффектов является поток материальных частиц. У меня было много свидетельств существования таких потоков. Об одном из них я упоминал при описании электрического способа откачивания трубки. Я обнаружил, что подобная откачка происходит намного быстрее, если стекло по сравнению с толстостенной трубкой очень тонкое — полагаю, из-за лучшего прохождения ионов. При очень тонком стекле достаточно нескольких минут откачки, тогда как в случае толстого стекла или очень большого электрода зачастую требуется час и более. В соответствии с этой идеей я, стремясь добиться наиболее эффективной работы, выбрал прибор и обнаружил, что с каждым шагом моя гипотеза все больше подтверждается, а моя уверенность растет.

Поток обладающих большой скоростью частиц непременно должен отражаться; и, полагая, что первоначальная идея верна, я был вполне подготовлен рано или поздно продемонстрировать это свойство. Считая, что чем меньше угол падения, тем полнее отражение, я с самого начала исследований выбрал трубку, или лампу, b, формой, показанной на рис. 1, сделанную из очень толстого стекла, причем ее выдували так, чтобы дно было как можно тоньше. Преследовались

* Electrical Review, 1 Апреля 1896 г.

две очевидные цели: ограничение излучения через боковые стенки и облегчение его прохождения через дно. В верхней части, примерно в дюйме под узкой шейкой n, располагается единственный электрод e в форме диска, диаметр которого чуть меньше диаметра трубки. Входной проводник c обернут длинной лентой w с тем, чтобы предотвратить растрескивание при образовании искр в точке входа проволоки в стекло. По ряду причин полезно хорошенько обернуть шейку и прилегающую часть трубки, а на узкую шейку поместить уплотнение. Иногда для подобных трубок с одним выводом я применял электростатический экран. В данном примере в качестве экрана нанесена бронза s чуть выше алюминиевого электрода и почти до обертки провода, так что конец обертки всегда видно. Либо внутри трубки, повыше электрода, размещают небольшую алюминиевую пластину, рис. 2. Электростатический экран практически удваивает эффект, так как отсекает пространство над собой от любого воздействия. Кроме того, если принять, что излучение в стороны ограничено очень толстым стеклом, и за счет отражения большая его часть поступает ко дну, как я тогда предполагал, то очевидно, такая трубка должна быть намного эффективнее обычных. Действительно, быстро выяснилось, что по силе воздействия на чувствительную пластину трубка почти в четыре раза превосходила сферическую лампу с эквивалентной площадью воздействия. Подобного рода трубка также хорошо подходит для работы с двумя контактами, когда наружный электрод e_1 размещен так, как показано пунктирными линиями на рис. 1. Если стекло толстое, то поток достаточно параллельный и сфокусированный. Помимо этого, если трубку сделать как можно длиннее, то можно будет использовать очень высокие потенциалы, работа с которыми при коротких трубках неосуществима.

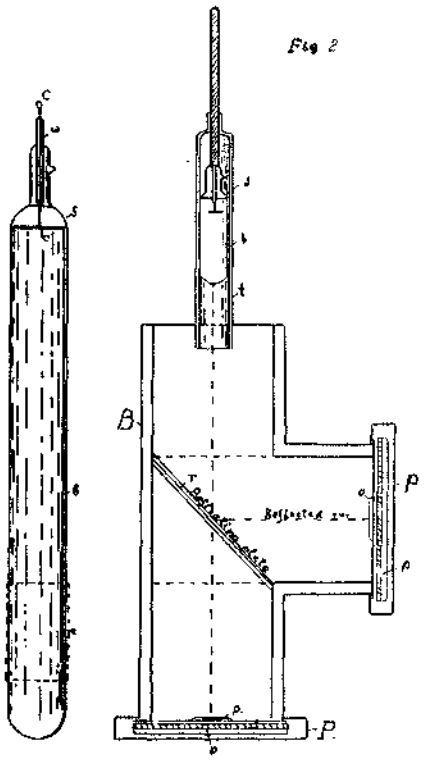


Рис 1 и 2·

Применение высоких потенциалов очень важно, так как позволяет значительно сократить время экспозиции и воздействовать на пластину с намного больших расстояний. Я пытаюсь точнее определить связь потенциала с воздействием на чувствительную пластину. По-моему, необходимо отметить, что следует использовать алюминиевый электрод, так как платиновый электрод, который до сих пор настойчиво применяют, дает худшие результаты, и трубка выходит из строя через сравнительно короткий период времени. Возможно, некоторые экспериментаторы испытывают трудности в поддержании достаточно постоянного вакуума, причина которых в особом процессе абсорбции в трубке — на него ясно указывал в самом начале Крукс, - и вследствие которого вакуум может возрастать при непрерывной работе. Мною найден удобный способ предотвращения этого: Экран или алюминиевую пластину s, рис. 2, размещают непосредственно над оберткой входного проводника c, но на некотором расстоянии от конца трубки. Верное расстояние можно определить только опытным путем. Если оно выбрано правильно, то при работе трубки обертка w нагревается, и временами через нее проскакивают яркие искорки от провода с к алюминиевой пластине s. Прохождение такой искры приводит к образованию газа, который слегка ухудшает вакуум. Вот таким образом, с помощью небольшой уловки, можно постоянно поддерживать необходимый вакуум. В трубке, показанной на рис. 1, можно добиться такого же результата посредством обертки, которую про-

длевают настолько глубоко внутрь, что во время нормальной работы трубки обертка так разогревается, что высвобождаются газы до необходимого количества. Для этой цели удобно, чтобы экран из бронзового покрытия s был нанесен и чуть ниже обертки, что дает возможность наблюдать за искрой. Однако, есть много иных способов обойти эту трудность, которая может досаждать тем, кто работает с недостаточно совершенными устройствами. Для обеспечения наилучшего режима работы экспериментатору следует обратить внимание на различные отмеченные мною прежде стадии, через которые проходит трубка в процессе откачки. Во-первых, необходимо следить, что при наиболее заметном проявлении явлений Крукса из электрода вырывается красноватый стример, вначале почти полностью охватывающий электрод. Вплоть до этого момента трубка практически не оказывает воздействия на чувствительную пластину, хотя стекло очень горячее в точке соударения. Постепенно красноватый стример исчезает, и как раз незадолго до его исчезновения трубка начинает входить в близкий к рабочему режим, но все-таки воздействие на пластину слишком слабо. Теперь появляется белый или даже синеватый стример, и спустя некоторое время стекло на дне трубки приобретает глянцевый блеск. Нагрев все усиливается, по всей трубке идет предельно яркая фосфоресценция. Можно посчитать, что трубка в таком состоянии готова к работе, но внешние проявления зачастую обманчивы, и прекрасная трубка так и не работает. Даже при затухании белого или синего стримера и разогреве стекла на донышке почти до расплава эффект на пластине очень слабый. Но на этой стадии внезапно на дне трубки появляется изменяющийся знак в виде звезды, как будто электрод источает капли жидкости. С этого момента мощность трубки возрастает во много раз, и для получения наилучших результатов ее необходимо удерживать именно в этом режиме. Могу, однако, отметить, что утверждения о том, что вакуум Крукса недостаточно высок для получения эффектов Рентгена, не совсем верны. Ведь и явления Крукса также не получаются при определенной степени вакуума, но проявляются даже при плохом вакууме, но при достаточно высоком потенциале. Это справедливо и для эффектов Рентгена. Естественно, для проверки необходимо предпринять меры к тому, чтобы не перегреть трубку при повышении потенциала. Этого легко добиться, если при его увеличении уменьшить число импульсов или их длительность. Для подобных экспериментов лучше с индукционной катушкой вместо вибрирующего прерывателя применять вращающийся коммутатор. Изменение скорости коммутатора, а также регулировка длительности контакта, позволяют настраивать режим работы в соответствии со степенью вакуума и приложенного потенциала.

В рассматриваемых здесь экспериментах по отражению использован прибор, показанный на рис. 2. Он состоит из Т-образной камеры квадратного сечения. Стенки выполнены из свинца толщиной одна восьмая дюйма, который при условиях экспериментов оказался совершенно непроницаемым даже при длительных экспозициях лучей. На верхнем торце прочно закреплена лампа b, вставленная в трубку t из толстого богемского стекла, конец которой несколько утоплен в свинцовую камеру. Нижний торец камеры плотно закрыт кассетой P_1 для фотопластины, в кассете находится защищенная как обычно чувствительная пленка p_1. И наконец боковой торец закрыт аналогичной кассетой P с защищенной чувствительной пленкой p. Для получения контрастных отображений полностью идентичные объекты o и o_1 помещены в центре матерчатого чехла, защищающего чувствительные пластины. В центре камеры имеется приспособление для вставки пластины r из материала, отражательную способность которого испытывают, а размеры камеры таковы, чтобы отраженные и прямые лучи проходили одинаковое расстояние, причем отражающая пластина находится под углом в 45 градусов по отношению как к падающим, так и к отраженным лучам. Предпринимались меры к тому, чтобы полностью исключить возможность воздействия на пластину p любых лучей, кроме отраженных, а отражающая пластина r была так плотно пригнана повсюду к стенкам свинцовой камеры, что на пленку p_1 не попадали никакие лучи, кроме проходящих через контрольную пластину. В предыдущих экспериментах по отражению отмечены лишь эффекты от отражен-

ных лучей, но в данном случае, — по предложению профессора У.А. Энтони, — мною предусмотрены описанные выше меры для одновременного контроля воздействия и тех прямых лучей, которые все-таки проходят через отражающую пластину. Таким образом можно сравнивать величину проходящего и отраженного излучения. Назначение стеклянной трубки которая окружает лампу b, — обеспечение параллельного и более интенсивного потока. Отпечатки для различных расстояний показали, что на значительной дистанции пучок лучей или поток частиц расходится незначительно.

Для понижения ошибки, которую неизбежно влекут слишком длительная экспозиция и очень небольшое расстояние, экспозицию сокращали до одного часа, а суммарное расстояние, которое лучи проходили до чувствительных пластин, составляло 20 дюймов, при этом расстояние от дна лампы до отражающей пластины равнялось 13 дюймам. Необходимо отметить, что в процессе испытаний были предприняты все возможные меры предосторожности относительно чувствительных пластин: постоянство потенциала, неизменный режим ламп и поддержка одинаковых условий в целом. Размер контролируемых пластин был одинаков, чтобы они входили в гнездо в свинцовой камере. Испытаны следующие проводники: латунь, инструментальная сталь, цинк, алюминий, медь, свинец, серебро, олово и никель, и изоляторы: флинтглас, эбонит и слюда.

Результаты сведены в следующую таблицу:

Отражающее тело.	**Отпечаток лучами на просвет.**	**Отпечаток отраженными лучами.**
Латунь.	Сильный	Довольно сильный.
Инструментальная сталь.	Едва заметный	Очень слабый.
Цинк.	Нет	Очень сильный.
Алюминий.	Очень сильный	Нет.
Медь.	Нет	Очень сильный, но заметно слабее, чем для цинка.
Свинец.	Нет	Очень сильный, но немного слабее, чем для цинка.
Серебро.	Сильный, использована тонкая пластина	Слабее, чем для меди.
Олово.	Нет	Очень сильный, примерно как для свинца.
Никель.	Нет	Примерно как для меди.
Флинтглас.	Очень сильный	Слабый.
Слюда.	Очень сильный	Очень сильный, примерно как для свинца.
Эбонит.	Сильный	Примерно как для меди.

Как и в предыдущих экспериментах путем сравнения интенсивности отпечатка, полученного отраженными лучами, с эквивалентным отпечатком, полученным за счет прямой экспозиции от одной и той же лампы и при одинаковом расстоянии, т.е. путем расчета по времени экспозиции при допущении, что воздействие на пластину пропорционально времени, получены следующие приблизительные результаты:

Хотя эти числа — лишь грубое приближение, тем не менее, вполне вероятно, что они вер-

Отражающее тело.	**Отпечаток прямым воздействием.**	**Отпечаток отраженными лучами.**
Латунь.	100	2
Инструментальная сталь.	100	0,5
Цинк.	100	3
Алюминий.	100	**0**
Медь.	100	2
Свинец.	100	2,5
Серебро.	100	1,75
Олово.	100	2,5
Никель.	100	2
Флинтглас.	100	1
Слюда.	100	2,5
Эбонит.	100	2

ны, поскольку речь идет об относительных величинах отпечатков, полученных отраженными лучами для различных тел. Выстраивая металлы согласно этим величинам и на время отложив рассмотрение сплавов или веществ с примесями, получаем следующий ряд: цинк, свинец, олово, медь, серебро. По-видимому, олово отражает совершенно также, как свинец, но допуская наличие ошибки в измерениях, можно предположить, что оно отражает хуже, а в таком случае мы находим, что этот ряд точно совпадает с Вольтовым рядом металлов в воздухе. Если это окажется верным, то мы столкнемся с совершенно необычным фактом. Почему, например, цинк — лучший отражатель среди проверенных металлов, и почему, одновременно, он один из лидеров в ряду Вольта? Пока что не проверен магний. По правде говоря, меня несколько взволновали эти результаты. Магний должен быть даже еще более хороший отражателем, чем цинк, а натрий — еще лучше магния. Каким образом объяснить эту необычную взаимосвязь? На сегодня мне видится единственно возможное объяснение: из лампы выходят потоки материи в некоем первичном состоянии, а отражение потоков зависит от какого-то фундаментального и электрического свойства металлов. Вероятно, напрашивается предположение об однородной наэлектризованности потоков; т.е. по своей природе они должны быть или анодными, или катодными, но не смешанными. С момента публикации, впервые, по-моему, во Франции, о том, что данные потоки анодные, я изучил этот вопрос и обнаружил, что не могу согласиться с такой точкой зрения. Напротив, по-моему на пластину воздействуют и анодные, и катодные потоки, более того, я убедился в том, что фосфоресценция стекла не имеет ничего общего с фотографическими отпечатками.

Явное доказательство заключается в том, что подобные отпечатки получены с помощью алюминиевых баллонов в отсутствии фосфоресценции. А что касается анодной или катодной природы, то простой факт получения отпечатков посредством светового разряда, возбуждаемого индукцией замкнутого баллона, где нет ни анода, ни катода, по-видимому, эффективно опровергает предположение об испускании потоков только с одного из электродов. Вероятно, уместно указать на простой связанный с индукционной катушкой момент, который может привести экспериментатора к ошибке. При подсоединении вакуумной трубки к выводам индукционной катушки обе клеммы подвергаются одинаковому воздействию, пока трубка плохо откачана. При высоком разрежении оба электрода практически независимы, а так как они ведут себя как тела со значительной емкостью, то следствием этого является неуравновешенность катушки. Если, например, катод очень большой, может значительно возрасти напряжение на аноде, и если анод делают, как часто бывает, маленьким, то плотность электрического тока может во много раз превышать таковую на катоде. Отсюда очень сильный разогрев анода при, возможно, холодном катоде. Совершенно иное дело, если размеры обоих электродов в точности одинаковы. Но при описанных выше условиях более горячий анод испускает поток большей интенсивности, чем холодный катод, так как скорость частиц зависит и от плотности электрического тока, и от температуры.

Из предыдущих опытов вытекают также интересные результаты по непроницаемости. Например, латунная пластина толщиной одна шестнадцатая дюйма оказалась довольно прозрачной, тогда как пластины той же толщины из цинка и меди продемонстрировали полную непроницаемость.

Так как я изучил отражение и получил в этом направлении определенные результаты, то появилась возможность добиться более сильных эффектов за счет подходящих отражателей. Эффект можно существенно усилить, если окружить лампу трубкой из очень толстого стекла. Применение цинкового отражателя однажды дало примерно 40-процентное усиление полученного отпечатка. Использованию надлежащих отражателей я отвожу большое практическое значение, потому что с их помощью можно задействовать любое количество ламп и тем самым получать необходимую интенсивность излучения. В ходе исследований меня постигло разочарование: полный провал усилий по демонстрации преломления. Использовал линзы всех типов, проводил множество экспериментов, но не смог добиться положительного результата.

К ВОПРОСУ О РЕНТГЕНОВСКОМ ИЗЛУЧЕНИИ*

Обнаружив неожиданное поведение различных металлов при отражении рентгеновских лучей (см. Electrical Review за 1 Апреля 1896 г.), я попытался разобраться с некоторыми все еще сомнительными моментами. Так как на этот раз казалось крайне необходимым установить точный порядок металлов относительно их отражательной способности, то, отложив определение величины эффектов на будущее, я несколько модифицировал прибор и методику, описанные в упомянутой работе. Каждая отражательная пластина выполнена не как прежде из одного металла, а из двух, отражательные способности которых следовало сравнить. Пластины из двух исследуемых металлов крепили на свинцовой пластине таким образом, что отражающую поверхность линия их соединения разделяла на две половины. Кроме того, во избежание распространения и смешивания лучей, отражаемых от обеих половин, толстая свинцовая пластина, установленная посередине свинцовой камеры, разделяла ее на два отделения. Были предприняты меры, чтобы по возможности была однородной плотность падающих на отражающие поверхности лучей, и с этой целью окружающая лампу стеклянная трубка была приподнята так, чтобы выставлялось лишь полусферическое дно лампы. Лампу размещали как можно точнее по центру, чтобы в равной мере подвергать облучению обе половины отражающей пластины.

Так как в предыдущих опытах я по недосмотру не получил результат по железу, я путем сравнения с медью попытался выяснить его положение в ряду, использовав пластину из этих двух металлов. Опыты показали, что железо отражает почти также как медь, но надежно определить этим методом, какой из металлов отражает лучше, было невозможно. Далее, по той же методике я пробовал найти, что лучше отражает: олово или свинец. Выполнил три опыта, и в каждом случае металлы вели себя почти одинаково, но кажется, олово чуть-чуть лучше. И в конце мною были изучены сравнительные свойства магния и цинка. Судя по результатам, магний отражает несколько лучше.

В силу важности данного соотношения металлов я пока не удовлетворен используемой установкой и попытаюсь продумать прибор, который устранит все нынешние недостатки. Обнаружил, что можно сократить время экспозиции до нескольких минут с помощью флуоресцентной бумаги.

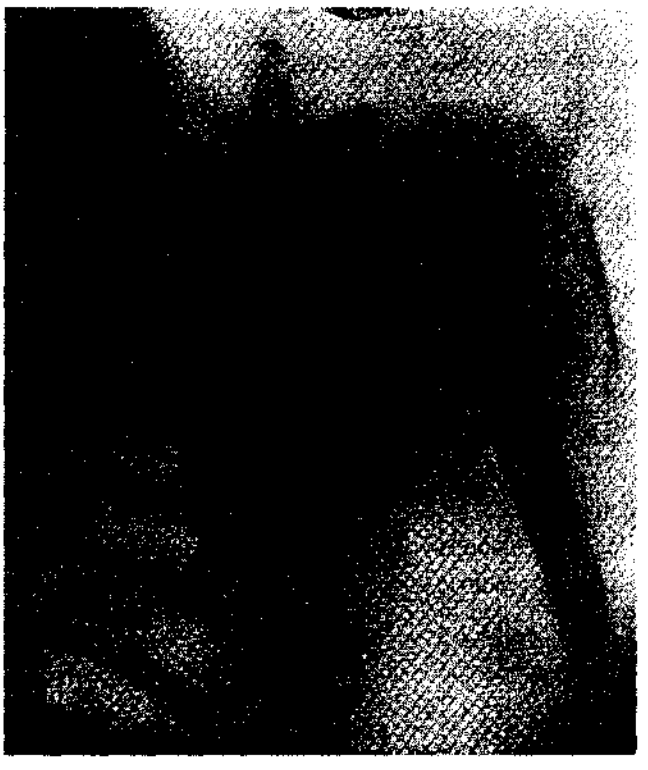
В предыдущих сообщениях я лишь намекал о практической важности применения подходящих отражателей. Вероятно, кто-то придет к заключению, что выигрыш, например, от цинкового отражателя будет мал, так как при условиях описанных раннее опытов цинк отражает только три процента падающих лучей. Конечно, это ошибочный вывод.

Прежде всего следует помнить, что в упомянутых прежде примерах угол падения составлял 45 градусов, и что при бо́льших углах будет отражаться более значительная часть лучей.

---

* Electrical Review, 8 Апреля 1896 г.

Точный закон отражения еще надлежит определить. Теперь предположим, что теневое изображение объекта получают на расстоянии *D.* Чтобы добиться контрастного теневого изображения, это расстояние должно быть не менее двух футов, а я прихожу к все большей и большей необходимости использовать еще бо́льшие расстояния. Если ради простоты рассмотреть сферические лампу и электрод, то излучение будет однородным во все стороны, а любой элемент поверхности сферы радиусом *D,* очерченной вокруг электрода, примет равное количество лучей. Полная поверхность такой сферы равна $4 \pi D^2$. Объект, теневое изображение которого следует получить, может иметь небольшую площадь *a,* на которую из всех испускаемых лучей попадает лишь незначительная часть, определяемая соотношением $(a / (4 \pi D^2)$. В действительности нельзя допускать меньшее, чем $(a / (4 \pi D^2)$, эффективное отношение. Но даже в случае, если *D* очень большое, а объект, т.е. площадь *(X,* мал, отношение



$(a / (D_2 \pi)$ может **быть столь незначительным, что посредством** подходящего отражателя можно сконцентрировать **на площади а такое количество лучей,** которое в несколько раз превысит количество **лучей, попадающих на нее без отражателя. И это** при том, что мы можем отражать лишь несколько **процентов** *всех* **падающих лучей.**

В качестве **доказательства эффективности такого отражателя** представлен снимок плеча и ребер человека. **В эксперименте использовали воронкообразный цинковый** отражатель высотой два фута с пятидюймовым **отверстием в днище и 23-дюймовым в** верхней части. Полностью подобную ранее **описанным трубку подвешивали в отражателе таким** образом, что выше его находился лишь **статический экран трубки. То́чное расстояние от** электрода до чувствительной пластины составляло **четыре с половиной фута. Расстояние от конца** трубки до пластины — три с половиной фута. **Продолжительность экспозиции 40 минут. Все кости:** плечо и ребра, были

отчетливо видны на пластине, но мне трудно судить, насколько четко они отобразятся на оттиске в журнале. С тем, чтобы лучше продемонстрировать достигнутый прогресс, я выбрал тот же объект, что и в первой по данному исследованию статье в Electrical Review. Наилучшими показателями успеха в этом случае служат расстояние, увеличенное более, чем в два раза, и время экспозиции меньше получаса. Но основное значение отражателя в том, что он позволяет использовать много ламп, не ухудшая точность и четкость изображения, а также в концентрации большого количества излучения на очень маленькой площади.

С тех пор, как два профессора, Генри и Сальвони, предложили использовать фосфоресцирующие или флуоресцирующие вещества применительно к чувствительной пленке, я обнаружил, что сокращение времени экспозиции до нескольких минут или даже секунд — дело несложное. По-видимому, внедренный недавно Эдисоном и выпускаемый господами Эйлсуэртом и Джексоном вольфрамат кальция — пока самое чувствительное вещество. Мною получен и использован в ряде испытаний его образец. Он бесспорно флуоресцирует лучше, чем цианоплатинит бария, но из-за размера кристаллов и неизбежно неровного распределения на бумаге, он не оставляет четкого отпечатка. Для использования применительно к чувствительным пленкам вольфрамат кальция следует размалывать до очень тонкого порошка, и каким-то образом добиваться его равномерного распределения. Для получения достаточно четких контуров также необходимо крепко прижимать бумагу к пленке по всей пластине. Видимо, флуоресценция этого вещества зависит от особого излучения, потому что испытания с несколькими лампами, которые прекрасно работали в иных обстоятельствах, не дали очень хорошего результата, а я едва не получил ложный отпечаток.

Однако, одна или две лампы воздействовали на него очень сильно. Отпечаток руки делали с расстояния около шести футов от лампы при экспозиции меньше минуты, но даже при этом пластина оказалась передержанной. Затем с расстояния 12 футов от конца трубки при пятиминутной экспозиции был сделан отпечаток грудной клетки человека. На проявленной пластине ребра были видны четко, но контуры были нерезкие. Далее, при получении отпечатка грудной клетки помощника на расстоянии четырех футов от лампы была использована трубка с уже описанным цинковым отражателем. При этом эксперименте лампа была излишне деформирована, и ее разорвало из-за большого внутреннего давления в месте пятна бомбардирующих потоков. Такая авария часто случается при слишком сильно деформированных лампах, при этом внешними предвестниками ее являются возросшая активность газа в трубке, который выглядит как пар, и быстрый нагрев самой трубки. По-видимому, вызывающий необычно большой рост внутреннего давления на стеклянную стенку процесс является следствием воздействия, противоположного тому, которое отмечали Крукс и Споттисвуд, и процесс этот очень быстрый. По этой причине экспериментатору необходимо внимательно следить за подобными зловещими сигналами и незамедлительно понижать потенциал. Вследствие безвременной кончины лампы в последнем описанном опыте экспозиция длилась лишь одну минуту. Тем не менее, был получен очень контрастный отпечаток скелета грудной клетки, на котором видны правые и левые ребра и прочие подробности. Но вновь по сравнению с обычным процессом без фосфоресцентного подсвечивающего устройства значительно менее резкими были контуры, хотя флуоресцентная бумага была крепко прижата к пленке. Из предшествующего описания очевидно, что при использовании вышеупомянутых средств для сокращения времени экспозиции толщина объекта не имеет очень большого значения.

При наблюдении за воздействием на флуоресцентный экран из вольфрамата кальция мне пришла в голову еще более интересная мысль о качестве этого химиката. Такого рода экрану вместе с бумажной камерой дали причудливое название "флюороскоп". На самом деле это криптоскоп Сальвиони без объектива, что большой недостаток. Дабы оценить характеристики

экрана, необходимо работать по ночам, когда спустя длительное время глаз привыкнет к темноте и приобретет способность замечать на экране слабые эффекты. Однажды качество экрана было особенно замечательным. Его освещали с расстояния 20 футов, но даже с 40 футов я все еще мог различать тусклую тень, проходящую через поле зрения при движении руки перед прибором. Наблюдая примерно с трех футов от лампы просвечивание тела помощника я мог легко различать позвоночный столб в верхней части тела, которая была прозрачнее. В нижней части тела столб и остальное были практически неразличимы. Ребра были лишь едва видны. Отчетливо заметны были кости шеи, и сквозь тело помощника можно было очень легко увидеть квадратную медную пластину, когда ее двигали вверх и вниз перед лампой. При наблюдении сквозь голову видны были только контур черепа и подбородок, хотя поле зрения все еще было ярким. Все-таки все выглядело расплывчатым. Это показывает, что усиление флуоресценции не очень-то много дает при осмотре внутренних частей тела. Скорее решение этой задачи будет найдено после получения очень мощных излучений, способных давать более контрастные теневые изображения. Полагаю, что указал верный путь к достижению результата. Хотя необходимо признать замечательный показатель экрана при использованных мною приспособлениях, тем не менее, я убедился в его ограниченном значении для исследования. Кости конечностей различимы, но не так отчетливо, как на фотографическом отпечатке. Однако, со временем с помощью сильного излучения и хороших отражателей подобные флуоресцентные экраны могут стать ценными инструментами для исследования. Несколько недель назад, когда я наблюдал, как на значительном расстоянии от лампы вспыхивает небольшой экран из цианоплатинита бария, я сказал своим друзьям, что, по-видимому, посредством такого экрана можно будет наблюдать за движущимися по улице объектами. Теперь эта возможность кажется мне намного ближе, чем тогда. Сорок футов — порядочная ширина для улицы, а на таком расстоянии от единственной лампы экран слабо светится. Привожу эту странную мысль только в качестве иллюстрации, насколько научные разработки могут повлиять даже на наши нравы и привычки.

Возможно, вскоре каждый из нас настолько свыкнется с таким положением вещей, что не будет испытывать ни малейшего смущения, сознавая, что бестактные наблюдатели пристально рассматривают его скелет или иные особенности. Флуоресцентные экраны помогают получить представление о рабочем режиме лампы. С помощью подобного экрана, разместив между ним и лампой объектив и меняя фокусное расстояние, я надеялся найти подтверждение преломления. К своему разочарованию, мне не удалось увидеть никаких его признаков, хотя теневое изображение объектива наблюдалось с 20 футов. Также тщетным оказалось применение экрана с целью регистрации эффектов отражения и дифракции.

9

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ *

Дальнейшие исследования поведения различных металлов при отражении рентгеновского излучения еще более утвердили меня в высказанной раньше мысли: Вольтов электрический контактный ряд в воздухе идентичен ряду, полученному при ранжировании металлов по их отражательной способности, причем наиболее электроположительный металл — наилучший отражатель. Ограничусь теми металлами, которые легко поддаются эксперименту. Тогда этот ряд выглядит следующим образом: магний, свинец, олово, железо, медь, серебро, золото и платина. Должно оказаться, что последний из перечисленных металлов — наихудший отражатель, а натрий — наилучший. Данное соотношение предстанет еще более интересным и неоднозначным, если учесть, что ряд этот примерно совпадает с классификацией металлов по энергиям соединения с кислородом согласно расчету по их химическим эквивалентам.

Если упомянутую выше связь подтвердят другие физики, то появится основание для следующих выводов: во-первых, сильно возбужденная лампа испускает материальные потоки, которые отражаются при столкновении с металлической поверхностью; во-вторых, эти потоки образуются из материи в ее первичном, или элементарном, состоянии; в-третьих, вероятно, они — тот же фактор, который является причиной электродвижущего напряжения между металлами, находящимися в тесном соседстве или реальном контакте, а возможно, они определяют, до некоторой степени, энергию соединения металлов с кислородом; в-четвертых, каждый металл или проводник — источник подобных потоков в большей или меньшей степени; в-пятых, такие потоки излучений, должно быть, вырабатываются некими излучениями, существующими в среде; и, в-шестых, схожие с катодными потоки должны испускаться солнцем, а также, вероятно, иными источниками лучистой энергии, например, дуговой лампой или бунзеновской горелкой.

Первый из этих выводов, — если допустить верность указанного выше факта, — очевиден и неоспорим. Никакая теория колебаний не смогла бы объяснить этой необычной связи между отражающей способностью и электрическими свойствами металлов. Потоки выбрасываемой материи, которая сталкивается с отражающей металлической поверхностью, дают единственное правдоподобное объяснение.

Также очевиден и второй вывод, так как не отмечено никакой разницы при использовании различных видов стекла для лампы, электродов из разных металлов и остаточных газов любого вида. Несомненно, какой бы ни была материя, из которой состоят потоки, она должна претерпевать какое-то изменение в процессе испускания, или, вообще говоря, проецирования (так как взгляды по этому вопросу все еще расходятся), изменение, при котором материя полностью бы утрачивала те характеристики, которыми обладала при формировании электрода, стенки лампы или газового содержимого последней.

Существование связи между рядом коэффициента отражения и вольтовым рядом подталкивает нас также и к третьему выводу, потому что простое совпадение подобного рода крайне маловероятно, если не сказать совершенно невероятно. Кроме того, можно напомнить, что всегда существует разность потенциала между двумя металлическими пластинами, расположенными на некотором расстоянии, и различие в траектории лучей, выходящих из откачанной лампы.

Так как между двумя металлами, которые находятся в тесном соседстве или контакте, су-

* Electrical Review, 22 Апреля 1896 г.

ществует электрическое напряжение, или разность потенциала, то с учетом всего вышесказанного неизбежно напрашивается четвертый вывод, а именно, металлы эмитируют сходные потоки, и поэтому, забегая вперед, скажу, что если чувствительную пленку разместить между двумя пластинами, допустим из магния и меди, то после очень продолжительной экспозиции в темноте получили бы настоящее рентгеновское теневое изображение. Или, в общем случае, такое изображение могли бы получать всякий раз при размещении пластины вблизи металлического или проводящего тела. Изоляторы пока рассматривать не будем. Натрий, который стоит одним из первых в ряду Вольты, но с которым пока не экспериментировали, возможно, выдаст потоки еще более интенсивные, чем даже магний.

Ясно, что подобные потоки вряд ли испускались бы вечно, если бы не было постоянного поступления излучения из среды в каком-нибудь ином виде; или, возможно, потоки, которые испускают сами тела, — это просто отраженные потоки, поступающие из каких-то других источников. Но поскольку все исследования укрепили выдвинутую Рентгеном точку зрения о том, что для получения данных излучений необходим некий толчок, то первая из двух возможностей более вероятна, и мы должны предположить, что те излучения, которые существуют в среде и вызывают рассматриваемые здесь излучения, чем-то напоминают по своей природе катодные потоки.

Но, если повсюду вокруг нас, в окружающей среде, имеются такие потоки, возникает вопрос, откуда они приходят. Единственный ответ — от солнца. Поэтому, выскажу догадку, что солнце и прочие источники лучистой энергии, должно быть, — в меньшей степени, — испускают излучения или потоки материи, подобные тем, которые извергает электрод в сильно разреженном замкнутом пространстве. В данный момент это, кажется, все еще остается спорным вопросом. По моему нынешнему твердому убеждению рентгеновские теневые изображения при очень продолжительных экспозициях должны получаться от любого источника лучистой энергии, если дать возможность излучению сначала столкнуться с металлом или иным веществом.

Предыдущие размышления призваны показать, что сгустки материи, составляющие катодный поток в лампе, разбиваются на несравненно меньшие частицы при соударении со стенкой лампы и благодаря этому получают возможность выйти наружу. Любое до сих пор полученное мною доказательство указывает скорее на это, чем на испускание частиц самой стенкой под воздействием сильного удара катодного потока. Отсюда, на мой взгляд, различие между лучами Ленарда и Рентгена, если таковое вообще существует, заключается в том, что входящие в состав рентгеновских лучей частицы несравненно меньше и обладают более высокими скоростями. Главным образом именно этими двумя свойствами я объясняю то, что лучи Рентгена не отклоняются магнитом, что, по моему, будет в конечном счете опровергнуто. Однако, оба вида лучей воздействуют на чувствительную пленку и флуоресцентный экран, только открытые Рентгеном лучи намного эффективнее. Теперь нам известно, что эти лучи получаются при достижении в лампе определенных исключительных условий: вакуум предельно высок, а область наивысшей активности довольно мала.

Я пытался обнаружить, обладают ли отраженные лучи отличительными свойствами, и с этой целью получил изображения различных объектов, но ни разу не заметил различий. Поэтому я сделал вывод, что при соударении с телами составляющая рентгеновские лучи материя не испытывает последующей деградации. Перед экспериментаторами все еще стоит один из важнейших вопросов, что же происходит с энергией лучей. В ряде экспериментов с лучами, отраженными от проводящей или изолирующей пластины и проходящими через нее, я выяснил, что объяснить можно лишь небольшую часть лучей. Например, при угле падения 45 градусов около двух с половиной процентов отражались и около трех процентов проходили сквозь цинковую пластину толщиной одна шестнадцатая дюйма, следовательно, свыше 94 процентов суммарного излучения остаются неучтенными. Все опыты, которые мне удалось проделать, подкрепили утверждение Рентгена о том, что эти лучи не способны повышать температуру тела. Прослеживание потерянной энергии и ее правдоподобное объяснение будет равноценно новому открытию.

Так как теперь показано, что все тела более или менее способны отражать, то легко объяснима диффузия по воздуху. Наблюдая за тенденцией к рассеиванию в воздухе, я был вынужден повысить эффективность отражателей, обеспечив не один, а несколько отдельных последовательных слоев для отражения, путем изготовления отражателя из тонких листов металла, слюды или иных веществ. Эффективность слюды в качестве отражателя, в основном, отношу на счет того, что она состоит из многочисленных наложенных друг на друга слоев, каждый из которых отражает в отдельности. По моему, такие многочисленные последовательные отражения — причина рассеивания в воздухе.

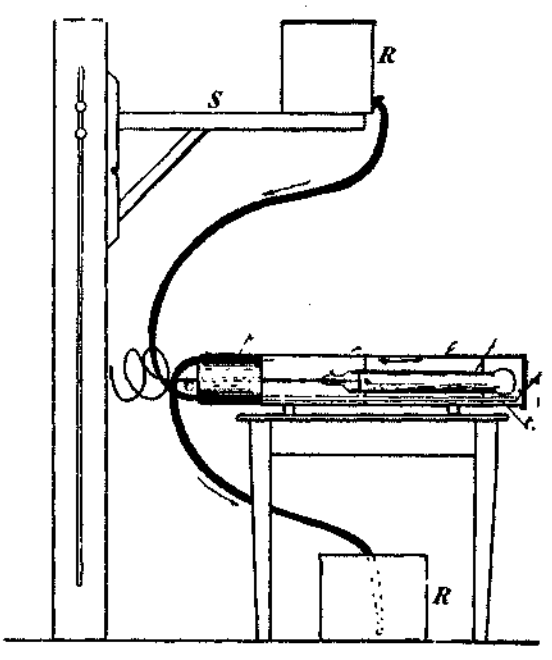
В своем сообщении в Electrical Review от 1 Апреля я впервые заявил, что эти лучи состоят из материи в [ее] "первичном", или элементарном, виде или состоянии. Я выбрал этот оборот, дабы избежать употребления слова "эфир", которое обычно воспринимают в максвелловском толковании, что расходилось бы с моими теперешними воззрениями на природу излучений.

Вот изложение опыта, который, возможно, представляет интерес. Однажды, несколько лет назад, я описывал явление, которое наблюдал в хорошо откачанных лампах. Это исходящий при определенных условиях из отдельного электрода хвост, или поток, который очень быстро вращается вследствие воздействия магнитного поля Земли. А недавно я наблюдал такое же явление в нескольких лампах, которые были способны оставлять очень резкий отпечаток на чувствительной пленке и на флуоресцентном экране. Поскольку хвост быстро вращается, я предположил, что, вероятно, и потоки Ленарда и Рентгена вращаются под действием магнитного поля Земли, и теперь пытаюсь получить доказательство подобного движения, изучая работу лампы в различных положениях относительно магнитной оси Земли.

В том, что касается колебательного свойства лучей, я все-таки придерживаюсь мнения, что причиной колебания может быть просто используемый прибор. При наличии обычной индукционной катушки мы вынуждены иметь дело почти исключительно с очень низкочастотным колебанием, которое наводится коммутирующим устройством или прерывателем. При работе катушки разряда с пробоем обычно кроме колебания на основной частоте имеется очень сильное наложенное колебание, которое легко проследить иногда вплоть до четвертой октавы основного колебания. Но я не могу примириться с идеей колебаний, близких к световым или даже их превосходящих, и полагаю, что все эти эффекты можно было бы с тем же успехом получить посредством постоянного электрического напряжения, скажем от батареи, и исключая любое колебание, которое может возникнуть даже в этом случае, что было показано Де Аа Ривом. В экспериментах я пытался убедиться, можно ли добиться большего различия между тенями костей и плоти с помощью токов предельно высокой частоты, и, хотя частота изменялась в максимально возможных пределах, мне не удалось обнаружить зависимости от частоты. Но, как правило, чем интенсивнее воздействие, тем контрастнее получаемые теневые изображения, если только расстояние не слишком мало. Более того, для четкости теневых изображений чрезвычайно важно пропускать лучи через некий трубчатый отражатель, который делает их практически параллельными.

Для того, чтобы дать как можно больше деталей на чувствительной пластине, необходимо действовать точно также, как если бы мы должны были иметь дело с летящими пулями, которые ударяются в стену, состоящую из частей с различной плотностью, когда возникает задача добиться как можно большей разницы в траекториях пуль, которые проходят через разные части стены. Ясно, что разница будет тем больше, чем больше скорость пуль; следовательно, чтобы дать детали, требуются очень сильные излучения. Развивая эту теорию, я использовал особо толстые пленки, которые проявлял очень медленно, и таким способом были получены более четкие изображения. Впервые на важность медленного проявления указал Профессор Райт из Йеля. Конечно, если использовать предложение Профессора Генри по использованию флуоресцентного вещества в контакте с чувствительной пленкой, то процесс превращается в обычное быстрое фотографирование, и приведенные выше рассуждения не работают.

Поскольку требовалось получить как можно более мощное излучение, я продолжал уделять внимание этой задаче и добился ощутимого успеха. Прежде всего, были ограничения по вакуумной трубке, которая не позволяла прилагать такой высокий потенциал, какой бы мне хотелось; а именно, при достижении определенной высокой степени разрежения за электродом формировалась искра, что препятствовало подаче на трубку бо̀льшего напряжения. Я полностью преодолел это неудобство тем, что сделал очень длинным провод, идущий к электроду, и пропустил его через узкий канал так, чтобы тепло от электрода не могло приводить к образованию искр. Еще одно ограничение налагали стримеры, которые при очень высоком потенциале пробивали в конце трубки. Это затруднение я преодолевал либо с помощью потока холодного воздуха вдоль трубки, либо путем погружения трубки в масло. Как теперь хорошо известно, масло — средство, которое исключает образование стримеров за счет того, что



удаляет весь воздух. За применение масла при получении излучений ратовал ранее наш соотечественник, Профессор Троубридж. Первоначально я использовал деревянный ящик, тщательно загерметизированный воском и заполненный маслом или иной жидкостью, куда погружали трубку. В результате некоторых специальных опытов я модифицировал и усовершенствовал прибор и в последующих исследованиях использовал установку, показанную на рисунке. Лампа b, описанного прежде типа с намного более длинными, чем здесь показано, входным проводником и горлышком вставлена в большую, толстостенную стеклянную трубку l. Спереди трубка закрыта диафрагмой *d* из пергамента, а сзади — резиновой пробкой *P.* В пробке два отверстия, при этом в нижнее вставлена стеклянная трубка t_1, которая достигает почти самого конца лампы. Масло прогонялось через резиновые трубки rr *от* большого резервуара *R,* размещенного на регулируемой подставке *S,* до нижнего резервуара R_1. Путь, который оно проходит, понятен из рисунка.

Постоянный режим работы легко поддерживался настройкой разности уровней резервуаров. Наружная стеклянная трубка *t* частично служила в качестве отражателя, но в то же самое время она позволяет вести наблюдение за лампой b в процессе работы. Пробка *P,* в которой плотно запечатан проводник *C,* устроена таким образом, что ее можно вдвигать в

трубку *t* и выдвигать из нее чтобы изменять преодолеваемую лучами толщу масла.

С помощью этой установки я получил результаты, которые ясно продемонстрировали ее преимущество. Например, на расстоянии 45 футов от конца лампы мои помощники и я могли отчетливо видеть пальцы руки через экран из вольфрамата кальция, причем лучи преодолевали около двух с половиной дюймов масла и диафрагму *d.* С помощью такой установки удобно делать фотографии небольших объектов с расстояния в 40 футов при экспозиции лишь в несколько минут по методу профессора Генри. Но даже без помощи флуоресцентного порошка короткие экспозиции возможны, так что, по-моему, применение упомянутого выше метода для быстрой методики несущественно. Мне охотнее верится, что при практической разработке этого принципа, если потребуется, необходимо будет воспользоваться предложением профессора Сальвиони по флуоресцентной эмульсии в сочетании с пленкой. Это должно дать лучшие результаты, чем отдельный флуоресцентный экран, и заметно упростит процесс. Могу, однако, заметить, что с момента моей последней публикации экраны заметно улучшились. Изготовители вольфрамата кальция Эдисона поставляют теперь экраны, которые дают достаточно четкие изображения. Порошок мелкий и распределен однороднее. Полагаю также, что польза будет и от более мягкой и толстой, чем прежде, бумаги. Следует только отметить, что, как оказалось, вольфрамат кальция — также прекрасный флуоресцентный реагент в лампе. Я незамедлительно проверил его свойства для подобного применения и нахожу его до сих пор непревзойденным. Посмотрим, сколь долго это продержится. Поступили сведения о том, что за границей открыты флуоресцентные вещества, превосходящие цианиды.

Еще одно улучшение в плане усиления контраста теневых изображений подсказал мне м-р Е. Р. Хьюитт. По его прикидкам отсутствие контрастности контуров теневых изображений на экране — следствие рассеяния флуоресценции от кристалла к кристаллу. Избавиться от этого он предлагает с помощью тонкой алюминиевой пластины с множеством параллельных пазов. Воспользовавшись его предложением я провел несколько опытов с проволочной тканью и, кроме того, с экранами, сделанными из смеси флуоресцентного и обычного порошков. И обнаружил, что общая яркость экрана убывает, но при сильном излучении теневые изображения оказываются контрастнее. Может быть эта идея найдет полезное применение.

С помощью описанного выше устройства я сумел намного лучше, чем прежде, обследовать тело посредством флуоресцентного экрана. Теперь позвоночный столб можно разглядывать довольно четко, даже в нижней части тела. Мне были также ясно видны контуры тазовых костей. Проводя наблюдение в области сердца, я безошибочно сумел определить его местонахождение. Фон выглядел намного ярче, и такое различие в яркости тени и окружающей картины поразило меня. Ребра я мог теперь рассматривать в ряде случаев достаточно отчетливо, также как и кости плеча. Конечно, нетрудно обследовать кости любых конечностей. Я отметил своеобразные эффекты, которые отнес на счет масла. Например, лучи проходили через пластины металла толщиной более одной восьмой дюйма, и в одном случае я смог довольно ясно увидеть кости моей руки через листы меди, железа и латуни толщиной почти в одну четверть дюйма. Через стекло лучи, казалось, проходят настолько свободно, что если смотреть через экран в направлении под прямыми углами к оси трубки, то видно самое интенсивное действие, хотя лучи должны были пройти через большую толщу стекла и масла. Стеклянная пластина толщиной почти полдюйма, которую поместили перед экраном, едва флуоресцировала. Когда экран помещался перед трубкой на расстоянии около трех футов, то голова помощника, втиснутая между экраном и трубкой, отбрасывала лишь слабую тень. Временами казалось, что кости и плоть как бы в равной степени прозрачны для излучений, проходящих через масло. Когда экран находился очень близко к лампе, он освещался через тело помощника столь сильно, что когда перед ним двигали рукой, я мог ясно различать движение руки через тело. В одном случае были различимы даже кости руки.

После того, как в некоторых опытах я заметил необычную прозрачность костей, то поначалу предположил, что лучи могут быть колебаниями высокой частоты, и что часть их неким образом поглощалась маслом. Однако, такой взгляд пришлось отбросить, когда я обнаружил, что на определенной дистанции от лампы получается контрастная тень костей. Последнее обстоятельство привело меня к успешному использованию экрана при получении отпечатков на пластине. А именно, в таком случае удобно сначала посредством экрана определить надлежащее расстояние, на котором следует разместить объект перед тем, как делать отпечаток. Часто оказывается, что изображение намного четче на большом расстоянии. Во избежание ошибок при работе с экраном я окружил ящик толстыми металлическими пластинами так, чтобы воспрепятствовать получаемой вследствие излучений флуоресценции, которая достигает экрана с боков. По-моему, такая мера совершенно необходима, если стремиться добиться точных результатов.

В процессе все еще продолжаемого мною изучения поведения масел и прочих жидких изоляторов мне пришло в голову исследовать важный эффект, открытый профессором Дж. Дж. Томсоном. Некоторое время назад он заявил, что все тела, через которые проходят рентгеновские излучения, становятся проводниками электричества. Для исследования данного явления я прибегнул к резонанс чувствительному испытанию, по методике, указанной мною в более ранних работах по высокочастотным токам. Вторичную катушку, которая желательно не имеет слишком тесной индуктивной связи с первичной катушкой, соединяют с ней и с землей, а колебание в первичной катушке настраивают так, чтобы был истинный резонанс. Поскольку вторичная катушка имела значительное число витков, то очень небольшие тела, прикрепляемые к свободной клемме, существенно изменяли потенциал на ней. В деревянную заполненную маслом камеру я помещал трубку, соединял ее с клеммой и настраивал колебание в первичной обмотке так, чтобы наступил резонанс, но чтобы лампа не излучала рентгеновские лучи в сколько-нибудь ощутимой степени. Затем я изменял режим так, чтобы лампа испускала лучи очень активно. Теперь, согласно предположению профессора Дж. Дж. Томсона, масло должно было стать проводящим, и должно было наступить очень заметное изменение в колебании. Оказалось, что это не так, поэтому в открытом Дж. Дж. Томсоном явлении необходимо усматривать лишь еще одно доказательство того, что здесь мы имеем дело с потоками материи, которые, проходя через тела, уносят электрические заряды. Но тела не становятся проводниками в общем значении этого термина. Метод, которого я придерживался, настолько чувствительный, что ошибка почти невозможна.

ИНТЕРЕСНАЯ ОСОБЕННОСТЬ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ*

Возможно, ценность изложенных здесь результатов, полученных с помощью ламп, испускающих рентгеновские излучения, в том, что они проливают дополнительный свет на природу излучений, а также лучше иллюстрируют уже известные свойства. В основном, результаты согласуются с теми взглядами, которые сложились у меня с самого начала. А именно, с идеей о том, что лучи состоят из потоков малых материальных частиц, выбрасываемых с огромной скоростью. В многочисленных опытах мною обнаружено, что материя, которая за счет удара внутри лампы вызывает образование лучей, может поступать с любого из электродов. Поскольку при продолжительном использовании электроды в заметной степени разрушаются, то, как кажется, более убедительным будет предположение о том, что выбрасываемая материя состоит из частиц самих электродов, а не остаточного газа. И другие результаты, на которых у меня нет возможности подробно останавливаться в данный момент, приводят к такому выводу. Сгустки выбрасываемой материи при последующем ударе расщепляются на столь мелкие частицы, что они способны проходить сквозь стенки лампы, либо они вырывают эти частицы из стенок или в общем случае из тел, с которыми они сталкиваются. Во всяком случае, удар и последующее дробление на осколки кажутся абсолютно необходимыми для образования рентгеновских лучей. Колебание, если таковое имеет место, — это только то, которое наведено прибором, и колебания эти могут быть только продольными.

Главный источник лучей — это неизменно место первого соударения внутри лампы, будь то анод, как в некоторых конструкциях трубки, или заключенное внутри отдельно стоящее тело, или стеклянная стенка. Когда вылетающую из электрода материю после столкновения с препятствием отбрасывает к другому телу, например, к стенке лампы, место второго соударения является очень слабым источником лучей.

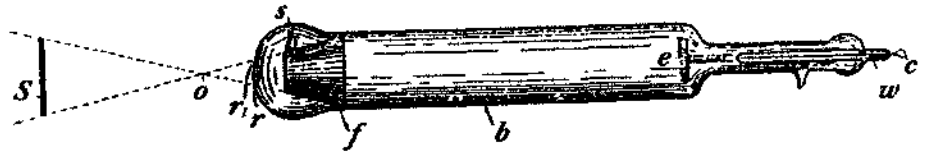
Эти и другие явления лучше понятны из приведенного рисунка, на котором показана форма трубки, которую я использовал в ряде экспериментов. Обычная форма — та, что описана раньше. Единственный электрод б, состоящий из массивной алюминиевой пластины, смонтирован на проводнике *C,* который, как обычно, обволакивается стеклом *W,* и запечатан в один из концов прямой трубки b диаметром около пяти и длиной 30 сантиметров. Другой конец трубки выдувают в виде тонкостенного шарика слегка большего диаметра, а вблизи этого конца на стеклянном стержне *S* крепится воронка/из тонкого платинового листа. В таких шариках я применял ряд различных металлов с целью усиления интенсивности лучей, а также для их отражения и фокусировки. Но поскольку в своей последней статье профессор Рентген указал, что платина дает самые интенсивные лучи, я использовал главным образом этот металл, обнаружив, что эффект на экране или чувствительной пластине заметно усиливается. Особой целью описываемой конструкции было выяснение вопроса, будут ли лучи, генерируемые на внутренней поверхности платиновой воронки *f* фокусироваться снаружи шарика, а кроме того, будут ли они от этой точки распространяться прямолинейно. Для этого было предусмотрено, чтобы вершина платинового конуса, точка о, находилась примерно в двух сантиметрах снаружи шарика.

---

* Electrical Review, 8 Июля 1896 г.

Когда лампу должным образом откачивали и приводили в действие, стеклянная стенка под воронкой f сильно но неоднородно фосфоресцировала, так как на периферии было узкое кольцо, rr, более яркое, чем остальные участки, причем было очевидно, что кольцо это вызвано лучами, отражаемыми от платинового листа. Если флуоресцентный экран поместить ниже воронки вплотную к стеклянной стенке или достаточно близко от нее, то находящаяся совсем рядом с фосфоресцирующим пятном часть экрана ярко освещается, причем контур совершенно расплывчат. Если теперь экран отводить от шарика, то сильно освещенное пятно становится меньше, а контур четче, пока — по достижении точки о — светящаяся часть не уменьшается до маленькой точки.

Перемещение экрана на несколько миллиметров за точку о приводит к появлению небольшого темного пятна, которое разрастается в круг и становится все больше соразмерно увеличению расстояния от шарика (см. *S),* пока при значительном расстоянии темный круг.



Схема, Иллюстрирующая Эксперимент

целиком не охватит весь экран. Данный эксперимент изумительно проиллюстрировал прямолинейное распространение, которое Рентген первоначально доказывал точечными фотографиями. Но кроме этого был замечен один важный момент, а именно, что флуоресцирующая стеклянная стенка практически не испускала лучи, тогда как не будь платины, она (стенка) была бы в подобных условиях эффективным источником лучей, так как даже при слабом возбуждении лампы стекло сильно нагревалось. Единственное, чем я могу объяснить отсутствие излучения из стекла, — это предположением, что материя, распространяющаяся от поверхности платинового листа, уже находится в сильно раздробленном состоянии, когда достигает стеклянную стенку. Еще один примечательный факт: по крайней мере при слабом возбуждении лампы кромка темного круга очень четкая, что решительно отметает диффузию. При очень сильно возбужденной лампе фон становится ярче, а тень *S* слабее, хотя даже в этом режиме ее отчетливо видно.

Из описанного выше очевидно, что при подходящей конструкции лампы выходящие из нее лучи можно на некотором расстоянии сфокусировать на очень маленькой площади, а из этого можно извлечь практическую пользу при получении изображений на пластине или при обследовании тел с помощью флуоресцирующего экрана.

11

РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ ИЛИ ПОТОКИ*

В первом отчете о своих эпохальных открытиях Рентген выразил убеждение, что те явления, которые он наблюдал, — следствие неких новых возмущений в эфире. Эта точка зрения требует более тщательного рассмотрения, поскольку, вероятно, она формировалась на волне первого воодушевления от открытий, когда мысль первооткрывателя способна намного глубже проникать в суть вещей.

О существовании невидимых излучений, способных проникать сквозь непрозрачные тела, и прямолинейного распространяясь, оказывать воздействие на флуоресцентный экран и чувствительную пленку, известно уже давно. Напрашивался очевидный и неизбежный вывод: новые излучения — это поперечные колебания, подобные световым. С другой стороны, трудно было противостоять аргументам в пользу менее популярной теории материальных частиц, особенно когда, — со времен исследований Ленарда, — стало очень вероятным, что в атмосферном воздухе существуют материальные потоки, сходные с катодными. Кроме того, мне самому приводилось отмечать, что похожие материальные потоки — которые, как было обнаружено вслед за сообщением Рентгена, способны давать отпечатки на чувствительной пленке, — можно получать в атмосферном воздухе даже без вакуумной лампы, а просто с помощью очень высоких потенциалов, подходящих для придания молекулам воздуха или иным частицам достаточно высоких скоростей. В действительности такие клубы или струи частиц формируются в окрестности очень высоко заряженного проводника, потенциал которого быстро изменяется, и мною показано, что, если им не воспрепятствовать, то они губительны для любого конденсатора или высоковольтного трансформатора, независимо от толщины изоляции. Они также оказываются практически бесценными при оценке периода колебаний электромагнитной системы посредством обычного расчета или измерения в электростатическом режиме во всех случаях, когда потенциал и частота очень высоки.

Важно, что благодаря этим и другим фактам Рентген склонялся к идее о том, что открытые им лучи — это продольные волны эфира.

После продолжительного и тщательного исследования с помощью отлично подходящих для этой цели приборов, которые позволяли делать отпечатки на больших расстояниях, и после проверки результатов других экспериментаторов я пришел к заключению, которого уже вскользь касался в предыдущих статьях в Вашем уважаемом журнале, и о котором я теперь не боюсь говорить без колебаний, к заключению о том, что первоначальная гипотеза Рентгена поддерживается в двух отношениях: во-первых, в отношении продольного характера возмущений; во-вторых, в отношении среды, затрагиваемой при их распространении. Единственная цель нынешнего изложения моей точки зрения — сберечь точную запись того, что, как мне кажется, является верной интерпретацией этих новых и важных проявлений энергии

То, что Беккерель и другие недавно наблюдали невидимые излучения от новых источников, а также некоторые выводы Гельмгольца, которые, по-видимому, применимы к объяснению осо-

* Electrical Review, 12 Августа 1896 г.

бенностей рентгеновских лучей, придали дополнительный вес аргументам в пользу теории поперечных колебаний, и, соответственно, сейчас отдается предпочтение данному толкованию явлений. Но эта точка зрения все-таки носит чисто умозрительный характер, поскольку, по состоянию дел на сегодня, она не подкреплена неопровержимым экспериментом. Напротив, есть важное экспериментальное доказательство того, что из ламп с огромной скоростью выбрасывается материя, причем она, по всей вероятности, — единственная причина открытых Рентгеном явлений.

В настоящее время почти несомненно, что катодный поток в лампе состоит из малых частиц материи, выбрасываемых с огромной скоростью из электрода. Вероятно достигаемая скорость поддается оценке и полному учету в механических и тепловых эффектов, вызываемых соударением со стенкой или препятствием внутри лампы. Кроме того, распространена точка зрения, что выбрасываемые сгустки материи действуют как неупругие тела, во многом подобно небольшим свинцовым пулям. Можно легко показать, что скорость потока может составлять до 100 километров в секунду или даже больше, по крайней мере в лампах с одним электродом, в которых реальный вакуум и потенциал намного выше, чем в обычных лампах с двумя электродами. Но в таком случае материя, которая перемещается с подобной скоростью, должна бы наверняка проникать сквозь огромные толщи препятствия на своем пути, если только законы механического удара применимы к катодному потоку. Сейчас я настолько глубоко проработал эту точку зрения, что даже если бы у меня не было экспериментального свидетельства, я бы не подвергал сомнению тот факт, что материя выбрасывается через тонкую стенку вакуумной трубки. Однако выброс из трубки еще тем более вероятен, что под действием удара сгустки материи должны разбиваться на гораздо более мелкие частицы. Из опубликованных ранее результатов моих экспериментов по отражению рентгеновских лучей, которое, как можно показать с помощью мощного излучения, происходит при любых углах падения, видно, что сгустки или молекулы действительно разбиваются на столь малые фрагменты или составляющие, что это заставляет их полностью терять некоторые физические свойства, которыми обладали до удара.

Таким образом, если только дело не касается интенсивности излучения, то совершенно не играет роли материал, из которого состоят электрод, стенки лампы или помещенная внутри нее преграда. По-видимому также, вторичное соударение, как я уже отмечал, не приводит к дальнейшему распаду сгустков. По всем признакам, составляющая катодный поток материя преобразуется в некую первичную форму, прежде неизвестную, поскольку подобных скоростей и сокрушительных соударений, видимо, никогда еще не изучали и даже не достигали, до наблюдения этих необычных явлений. Разве нет вероятности, что распадаются сами эфирные вихри, которые по созданной лордом Кельвином идеальной теории составляют сгустки, и что в явления Рентгена могут служить свидетельством преобразования обычной материи в эфир? Полагаю, именно в этом смысле получит подтверждение первая гипотеза Рентгена. В таком случае, конечно же, не может быть сомнений относительно предложенных Рентгеном продольных, и никаких иных, волн, только, по моему, частота должны быть очень небольшой, — как у электромагнитной колебательной системы, — в общем, не более нескольких миллионов в секунду. Если подобный процесс преобразования действительно имеет место, будет трудно, если вообще возможно, определить количество энергии, которую несут в себе излучения, а к утверждению о том, что количество это очень мало, следует относиться осторожно. Что касается тщательно изученных Ленардом лучей, которые, как оказывается, являются сутью этих великих постижений, то я считаю, что они — ни что иное, как катодные потоки, выброшенные через стенку трубки. Их способность отклоняться под действием магнита демонстрирует, на мой взгляд, просто то, что они лишь незначительно отличаются от лучей внутри лампы. Вероятно, в этом случае сгустки материи крупные, а скорости невелики по сравнению с теми же величина-

ми для рентгеновских лучей. Однако, лучи Ленарда должно быть способны — хоть и в меньшей степени — ко всем действиям рентгеновских лучей. Полагаю, что эти действия чисто механические, и их можно добиться другими средствами. Поэтому, например, я думаю, что если из заряженного ртутью ружья выстрелить по тонкой доске, то пущенные пары ртути оставили бы теневое изображение объекта на пленке, особо чувствительной к механическому удару, или на экране из материала, способного флуоресцировать под действием удара.

Описанные ниже данные опытов, проведенных мною и другими исследователями, в той или иной степени указывают на существование потоков материи.

I — ЯВЛЕНИЯ ПРИ ОТКАЧКЕ ВАКУУМА.

Я уже как-то высказывался по этому вопросу. Необходимо лишь отметить, что не следует путать тот эффект, который наблюдал я, с отмеченным Споттисвудом и Круксом. Вот мое объяснение зафиксированного ими явления: Причина первоначальной флуоресценции, которая возникает при включении тока, — органическое вещество, которое почти всегда попадает в лампу при изготовлении. Тончайший слой такого вещества на стенке неизменно вызывает первоначальную флуоресценцию, которая никогда не возникает, если лампа откачана при сильном нагреве, или если устранить органику иным способом. После исчезновения первичной флуоресценции разрежение медленно улучшается — неизбежный результат выброса частиц из электрода и прилипания их на стенке. Эти частицы поглощают большую часть остаточного газа, который можно вновь освободить или путем нагрева лампы, или как-то по другому. Отсюда так много эффектов, зафиксированных этими исследователями. В том примере, который наблюдал я, должен был быть настоящий выброс материи, в пользу чего говорят следующие факты: скорость откачки тем выше, чем (a) тоньше стекло; (b) выше потенциал; (c) сильнее разряды; она выше, если (c!) внутри лампы нет преград; (e) электрод из алюминия или платины, причем алюминий дает наибольшую скорость частиц, а платина — самые тяжелые частицы; (f) плавясь при нагреве, стеклянная стенка не разрушается, а выпучивается наружу; (g) в некоторых случаях откачка происходит, даже если в стекле возникает различимое отверстие; (h) все причины, которые приводят к более высоким скоростям частиц, ускоряют процесс откачки.

II - СВЯЗЬ МЕЖДУ НЕПРОНИЦАЕМОСТЬЮ И ПЛОТНОСТЬЮ

Рентген указывал на то, что непроницаемость тела для лучей тем выше, чем выше его плотность, что подтвердило последующее исследование. Это важное обстоятельство можно убедительно объяснить единственным и никаким иным предположением: лучи — это потоки материи. В этом случае такая простая связь непроницаемости и плотности обязательно была бы. Основное значение этой связи в том, что она касается природы лучей, поскольку для световых колебаний таковой не имеется, и, следовательно, ее нельзя было бы обнаружить в столь заметной степени и при всех условиях при колебаниях, которые предположительно подобны световым и примерно равны им по частоте.

III — РЕЗКОСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЭКРАНЕ ИЛИ ПЛАСТИНЕ

Если при получении отпечатков или наблюдении теневых изображений изменять интенсивность излучений, но по возможности сохранять при этом все остальные условия насколько возможно неизменными, то оказывается, что в плане четкости деталей изображения более высокая интенсивность либо дает небольшое преимущество, либо вообще его не дает. Поначалу считалось, что все, что необходимо, — это получить очень мощные лучи. Но опыт разочаровал, поскольку, несмотря на то, что мне удалось получить лучи, способные оставлять отпечаток на пластине с расстояний никак не менее 30 метров, результаты были не намного лучше.

Применение лучей подобной интенсивности давало одно преимущество: пластину можно было подальше относить от источника, и, следовательно, получать более хорошие теневые изображения. Все остальное — пустяки, о которых не стоит вести речь. Экран в темной камере временами становился таким ярким, что позволял без труда читать на некотором расстоянии от него, но это не добавляло четкости теневому изображению. На самом деле, очень сильное излучение зачастую давало менее качественный отпечаток, чем слабое. Итак, вот, что я неоднократно наблюдал, и чему придаю огромное значение в этой связи: Если отпечаток делать на небольшом расстоянии от трубки, которая дает очень интенсивные лучи, то теневое изображение не получается, ну, может быть едва различимое. Например, в таком режиме плоть и кости руки оказываются прозрачными в равной степени. Если постепенно увеличивать расстояние, окажется, что кости отбрасывают тень, а плоть отпечатка не оставляет. При дальнейшем увеличении расстояния появляется тень от плоти, тогда как тень от костей темнеет; именно где-то здесь можно найти место, в котором получается наилучшая резкость теневого изображения. Если расстояние увеличивается еще больше, то пропадают детали изображения, и, в конце концов, остается различимой лишь слабая тень, неясно отмечающая контуры кисти руки.

Это часто отмечаемое обстоятельство полностью расходится со всеми теориями поперечных колебаний, но его можно легко объяснить, в предположении существования материальных потоков. Если кисть находится близко, а скорость потока частиц очень высокая, то и кость, и плоть легко проницаемы, и невозможно определить эффект, вызванный различием в замедлении частиц, которые проходят через разнородные части. Экран может флуоресцировать только до определенной, ограниченной интенсивности, а воздействие на пленку возможно лишь в определенной небольшой степени. При увеличении расстояния или, что эквивалентно, при ослаблении интенсивности излучения, оказывающие бо́льшее противодействие кости начинают первыми отбрасывать тень. При последующем отдалении и плоть начинает задерживать достаточно частиц, чтобы оставить след на экране. Но в любом случае самое четкое теневое изображение получается на определенном расстоянии, очевидно, на таком, которое в данном режиме эксперимента дает наибольшую разницу траекторий частиц внутри интервала, воспринимаемого экраном или пленкой.

IV — ВСЕ ЛУЧИ ОДНОГО ВИДА

В предыдущем параграфе объясняется кажущееся существование лучей разного вида, т.е., как утверждают, с различными частотами колебания. По моему мнению, различны и скорость, и, возможно, размер частиц, что полностью объясняет противоречивые результаты, полученные по прозрачности различных тел относительно лучей. Например, во многих случаях я обнаруживал, что алюминий менее прозрачен, чем стекло, а в некоторых опытах оказывалось, что латунь очень прозрачна по сравнению с прочими металлическими веществами. Подобные наблюдения показывали, что делая сравнение, необходимо брать тела строго равной толщины; и размещать их как можно ближе друг к другу. Эти наблюдения показали также тщетность сравнения результатов, полученных с помощью разных ламп.

V — ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПЛЕНКИ

Из многих экспериментов с пленками разной толщины видно, что намного более детальным получают изображение при толстой пленке по сравнению с тонкой. Мне это представляется еще одним свидетельством в пользу приведенных выше воззрений, так как этот результат можно без труда объяснить, если принять во внимание предыдущие замечания.

VI — ПОВЕДЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕЛ ПРИ ОТРАЖЕНИИ ЛУЧЕЙ,

о котором я уже вскользь упоминал, не оставит — если будет проверено другими экспериментаторами — никаких оснований для сомнения относительно того, что данные излучения — это потоки материи или, возможно, эфира, как отмечалось выше.

VII — ПОЛНОЕ ОТСУТСТВИЕ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

и прочих характеристик, которыми обладают световые волны, до сих пор не получило внятного объяснения с момента сообщения Рентгена. Если бы лучи представляли собой поперечные колебания, был бы обнаружен хоть какой-нибудь признак подобного эффекта.

VIII — РАЗРЯД ПРОВОДНИКОВ

лучами демонстрирует, насколько мне удалось отследить исследования других ученых, что электрический заряд уносится вещественными носителями. Обнаружено также, что непроницаемость играет важную роль, и что результаты опытов в основном согласуются с приведенными выше взглядами.

IX — ИСТОЧНИК ЛУЧЕЙ,

Это всегда, как я обнаружил, место первого соударения катодного потока, при этом второе соударение дает мало лучей или вовсе не дает. Было бы трудно объяснить это обстоятельство, не предположив наличия потоков материи.

X — ТЕНЕВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ СНАРУЖИ ОТ ЛАМПЫ

Важнейшим свидетельством существования материальных потоков является образование теневых изображений в пространстве па некотором расстоянии от лампы, на что я обращал внимание совсем недавно. Здесь сошлюсь на свою предыдущую статью по этой теме и только отмечу, что ничто, кроме потоков материи, не смогло бы дать подобные теневые изображения при описанных условиях.

XI — ВСЕ ВЕЩЕСТВА ПРОЗРАЧНЫ ДЛЯ ОЧЕНЬ СИЛЬНЫХ ЛУЧЕЙ

Эксперименты подтвердили этот факт вне всяких сомнений. С помощью очень интенсивных излучений я без труда получаю отпечатки сквозь то, что может считаться огромной толщей металла. Это невозможно объяснить с позиций теории поперечных колебаний. Мы могли бы объяснить, каким образом лучи проходят через то или иное тело, но такие объяснения не применимы ко всем без исключения телам. И наоборот, при допущении материальных потоков такой результат неизбежен.

К уже сказанному можно было бы добавить массу других опытных данных и фактов в качестве дальнейших свидетельств в пользу описанных выше взглядов. Я отмечал некоторые особенности тел, препятствующих прохождению катодного потока внутри лампы. По моим результатам такие же лучи получаются при любой степени откачки и с помощью тел с крайне отличными физическими свойствами. Мною определен ряд параметров: давление, вакуум, остаточный газ, материал электрода и т.д., с каждым из которых опытные данные более или менее согласуются, о чем я уже сообщал раньше. Надеюсь, однако, что в этой статье достаточно материала, чтобы привлечь внимание остальных.

12

К ВОПРОСУ О РЕНТГЕНОВСКИХ ПОТОКАХ*

Возможно, изложенное ниже окажется полезным для физиков и врачей. Для тех, кто при исполнении своего профессионального долга прибегает к открытиям Рентгена с тем, чтобы облегчить страдание пациента, пытаясь найти инородные объекты или удостовериться в состоянии местных недугов или неправильных образований в организме, но кого частенько постигает разочарование. В то время, как нахождение инородного объекта в голове, шее и во всех мягких тканях тела и обнаружение запущенного недуга в легких — совершенно несложная задача, то часто определение местонахождения даже такого крупного и непрозрачного объекта, как пуля, застрявшего в определенных костистых частях тела, — часто может сопровождаться трудностями. Успех будет обеспечен, если строго следовать тем указаниям, которые приведены ниже, и которые — плод многочисленных наблюдений подобных случаев.

Чтобы придать настоящей работе сдержанный и более продуктивный характер, думаю, нелишне сказать несколько слов о рентгеновских лучах. В силу всех до сих пор полученных мною результатов я придерживаюсь мнения, которое уже высказывал в прежних работах, что эти лучи образованы из потоков материи, выбрасываемой из стенок трубки с огромной скоростью и, как правило, периодически. Периодический характер излучения — следствие установки, которую обычно применяют для получения лучей; но колебательный или периодический разряд не является обязательным, поскольку мною получены токи постоянного направления при высоком напряжении, которые также способны генерировать интенсивные лучи, и поскольку с аналогичным результатом можно использовать электростатическую машину. Для этих целей роль режима образования лучей, или потоков, невелика. Небольшие частицы внутри лампы, которые вызывают формирование лучей, могут быть ионами, образованными при электролизе, либо это могут быть относительно крупные частицы электродов или молекулы остаточного газа. В любом случае, по всей видимости, размер частиц предельно мал и, поэтому, скорости катодных лучей внутри сосуда настолько велики, а соударения настолько сильны, что вызывают дальнейшее разрушение катодного вещества до состояния, которое физики, возможно, никогда прежде не изучали. Возможно, нам придется иметь дело — как я уже предполагал — с разрушением на мелкие части вихрей эфира, из которых согласно теории Лорда Кельвина состоят материальные частицы, либо мы можем оказаться перед лицом распада материи в некую неизвестную первичную форму, Акаши *(Akasa)* старых Вед. Эксперименты показывают, что эта материя отражается, иногда очень хорошо, иногда плохо; но во всяком случае разные металлы ведут себя при этом любопытно. Результаты моих исследований, которые может быть и не избавлены от ошибок в силу значительных сложностей при получении точной оценки в подобных изысканиях, тем не менее достаточно позитивны в том отношении, что привели меня к убеждению: в потоках Рентгена присутствует та же среда, или тот же элемент, которую рассматривают при настройке электродвижущего напряжения между находящимися в контакте металлами. Может быть было бы лучше сказать — в духе современных взглядов на контактное электричество — что

* Electrical Review, 1 Декабря, 1896 г.

эти потоки образуются эфиром, но я предпочел использовать термин "первичная материя", поскольку, хотя выражение "эфир" отражает вполне определенное понятие в голове ученого, есть тем не менее много неясностей относительно структуры такой среды. Спектральный анализ не обнаруживает проецируемую материю, которая, кажется, не производит каких-либо поддающихся оценке механических или даже тепловых эффектов, как и не отклоняется магнитом. Все эти факты демонстрируют, что материя эта не может состоять из молекул известного вещества. Потоки оказывают мощное воздействие на фотографическую пластину или флуоресцентный экран, но я рассматриваю эти результаты, как очевидное следствие энергетического соударения.

На мой взгляд, если выбирать среди различных, более или менее внушающих доверие точек зрения относительно формирования потоков снаружи баллона, то проще всего предположить реальное проецирование через стенки лампы разрушенного катодного вещества. Если допустить, что внутри лампы есть достаточно малые частицы, то любые скорости, вплоть до многих тысяч километров в секунду, не только возможны, но скорее правдоподобны; и, даже если бы частицы не подвергались дальнейшему разрушению при соударении со стенкой или иным непроницаемым телом внутри лампы, они бы наверняка проникали сквозь огромные толщи большинства веществ. Мои эксперименты в этом направлении показали, что при первом столкновении с более или менее непроницаемым препятствием внутри лампы происходит практически полная дезинтеграция частиц, при этом, по-видимому, второе соударение обладает небольшим эффектом. К такому выводу можно прийти из хорошо известных законов механики. Мною также обнаружено, что место первого и самого энергичного соударения, будь то анод, катод или стенка сосуда, неизбежно является главным источником лучей или потоков. И вновь, вполне согласуясь с законами механики, проникающая способность потоков тем выше, чем сильнее дезинтеграция. Таким образом, например, лучи, которые пересекают толстые непроницаемые объекты и предположительно испытывают последующую дезинтеграцию, свободнее проходят через плотные субстанции. Подобное явление наблюдал профессор Райт, который первым опубликовал точные результаты в Соединенных Штатах. Мною обнаружено, что толстостенные лампы дают лучи с большей проникающей способностью. Из этого, конечно, не следует, что я придаю этому огромное значение. Как раз упомянутый выше факт и говорит в пользу большей вероятности того, что выбрасываемая материя не является однородным потоком, а состоит из частиц разного размера, которые перемещаются с различными скоростями, поскольку будь верным первое, то проникающая способность зависела бы в основном от скорости. На практике, при использовании рентгеновских лучей, казалось бы, очень важно найти метод их фильтрации и достижения однородности, так как только таким способом можно надеяться получить точные результаты при их исследовании. Для исследовательских целей безусловно более подходящими были бы потоки с совершенно однородной скоростью и характеристикой, если бы таковые могли быть получены.

Поскольку дезинтеграция электродов, в особенности алюминиевых, настолько медленная, что даже после длительного их использования нет заметного уменьшения веса, то отсюда следует, что переносимая потоками Рентгена материя настолько мала, что не поддается регистрации. На некоторых лампах, с которыми я работал по несколько месяцев, было видно, что бомбардируемое пятно на стекле полностью пронизано частицами алюминиевого электрода, но, по-видимому, потребовались бы годы непрерывной работы, чтобы накопить сколь ни будь значительное количество налета материи. Возвращаясь к трубке с алюминиевым электродом, стоит отметить, что качество должным образом настроенной трубки не только не ухудшается, а, наоборот, кажется, что улучшается. А вот срок службы лампы с платиновым электродом очень короткий из-за оседающего на стенках проводящего слоя, который, как я уже однажды объяснял, затрудняет протекание разряда. А именно, как только некоторые выбрасываемые частицы

ударяются о проводящий слой, они передают ему подобную же наэлектризованность, или тот же самый по знаку заряд, и последующие частицы испытывают отталкивание. Как результат — естественное увеличение сопротивления трубки. Несмотря па эффективность платинового электрода, упомянутый выше изъян должен, на мой взгляд, привести к отказу от него.

Предположили, что возможно, что рентгеновские лучи — просто следствие распространения электростатического напряжения; но при таком допущении трудно представить себе, каким образом лучи могли быть получены в случаях, когда стеклянная стенка сильно разогрета и, следовательно, является проводящей, или когда ударная пластина или вставка металлическая и соединена с землей. Стоке недавно рассмотрел возможность того, что соударение катодного потока на одной стороне линии раздела может усиливать молекулярное движение на другой стороне без необходимости существования перехода через линию раздела. С этой точки зрения, которую я разбирал некоторое время назад, оказывалось бы, что материальные потоки могут зарождаться на внешней стороне стенки трубки, а в этом случае ответственным за эффекты был бы только воздух, и в определенной мере можно было бы объяснить тщетность контроля методом спектрального анализа. Но разве менее вероятным будет предположение реального прохождения и дробления материи, на что все указывает? Если допустить, поскольку теперь профессор Стокс считает это вероятным, что возмущение непериодическое и все-таки способно производить эффекты, которые характеризуются поперечными колебаниями предельно высокой частоты, то на мой взгляд возникает серьезный вопрос. Не следует ли пересмотреть старые взгляды Ньютона на свет, чем делать заключение, что открытые Рентгеном новые явления есть следствие поперечных колебаний, когда нет никаких экспериментальных доказательств этого явления, не найдено даже удовлетворительного объяснения того, каким образом катодное соударение могло бы давать начало волнам более высокой частоты, чем световые.

Поскольку я твердо убежден в существовании материальных потоков, я рассматриваю провал попыток демонстрации реального перехода материи как следствие ее либо предельно малого количества, либо состояния, но скорее первое, так как все особенности потоков указывают именно на это. По моему, нет нужды удерживать экспериментатора от проведения исследования рентгеновских лучей из-за страха отравления или вредного влияния, поскольку, кажется разумным вывод, что потребовались бы столетия, чтобы накопить достаточное количество такой материи, которое бы представило серьезную угрозу процессу человеческой жизни. Но я с уверенностью смотрю на демонстрацию действий чисто качественного характера. Например, несмотря на опасность такого утверждения — в силу одобрения, которое могли бы дать невежды, — я бы сказал, что ожидаю с предельной уверенностью демонстрацию бактерицидного воздействия. В дополнение к физиологическим эффектам, к которым я недавно привлекал внимание, чуть позже я наблюдал с помощью мощных трубок, что в лобной части, повыше глаз, появляется болезненное ощущение, как только включают ток. Это ощущение очень похоже на то, которое часто испытываешь, выходя из темной комнаты на ярко совещенную солнцем улицу, или долго шагая по полям, покрытых свежевыпавшим снегом.

Что касается вредных воздействий на кожу, о которых сообщали по-разному, полагаю, что их неверно истолковывают. Мне эти эффекты уже некоторое время известны, но под давлением других дел я не смог уделить внимание данному предмету. Они вызваны не рентгеновскими лучами, а просто озоном, который образуется в непосредственной близости с кожей. В небольшой степени повинна может быть азотистая кислота. При обильном получении озон наиболее энергично воздействует на кожу и многие иные органические вещества, причем без сомнения это воздействие усиливается за счет нагрева и увлажнения кожи. После экспозиции, например, руки некоторое время, кожа теряет эластичность, что ведет к натяжению и боли, а следовательно, к воспалению и образованию волдырей. Это происходит главным образом только на коротком промежутке, но может быть вызвано лампой с одной клеммой, или вообще

очень сильно откачанной лампой, в которой клеммы действуют независимо, на большем расстоянии. Вследствие этого при получении отпечатков с помощью лучей я всегда применяю меры предосторожности, ограждая человека экраном из алюминиевых проводов, которые заземлены, предпочтительно через конденсатор. Однако, радикальное средство предотвращения подобных воздействий заключается в исключении доступа воздуха к коже при экспозиции, например, путем погружения в масло. Так как это было бы в большинстве случаев неудобно, следует прибегать к помощи металлического экрана. Если некоторые вещества размещают вблизи лампы таким образом, что газ-озон генерируется на их поверхности, то его действие на них настолько мощное, что эти вещества практически разрушаются через несколько минут. Если надежно изолированный резиной провод соединить с клеммой высокочастотной катушки, иногда минутной экспозиции достаточно, чтобы полностью разрушить резиновую изоляцию. Есть некоторые промышленные изолирующие составы, которые разрушаются даже быстрее, но о которых я не буду упоминать, из-за возможного ущерба для производителей. Гуттаперча, воск и парафин противостоят воздействию очень хорошо, и такие провода следует использовать с высокочастотными катушками. Впервые я наблюдал мощное воздействие озона около двух лет назад, выполняя эксперимент, который многим показывал в лаборатории.

Эксперимент заключался в зарядке стоявшего на изолированной платформе человека потенциалом приблизительно полтора миллиона вольт, переменяющийся несколько сотен тысяч раз в секунду. При таких условиях световые потоки бьют изо всех частях тела, в особенности на ногах, руках, волосах, на носу и ушах. Я неоднократно подвергался подобному эксперименту, который, казалось бы, не влечет за собой никакой опасности кроме возможного разрыва кровеносного сосуда, если кожа очень сухая и не проводит тока. Тогда я отмечал последствия на себе и на других, во многом схожие с последствиями, которые относили на счет рентгеновских лучей. При использовании токов, получаемых с помощью усовершенствованных генераторов электрических колебаний, подобных тем, что описаны в Electrical Review за 30 сентября 1896 г., выход озона настолько велик, что достаточно просто на несколько секунд включить ток, и атмосфера большого зала сильно озонируется. Подобные токи способны также вызывать химические реакции, из которых основная — это реакция азота с атмосферным кислородом, что открывает широкие возможности, которым я следовал длительное время: соединение атмосферного азота на промышленном уровне посредством практически только лишь механической энергии. Если бы таким способом производили просто удобрения для почвы, то человечество получило бы огромную выгоду. Из описанного выше воздействия озона следует, что экспериментатору необходимо придерживаться указанной меры предосторожности, поскольку большие количества озона не безопасны, хотя в небольших количествах он — самое полезное дезинфицирующее средство.

Неприятный долг — вести разговор в данной статье о "даровании слепому зрения" рентгеновскими лучами. На страницах печати эту сенсационную тему широко освещали. Не жестоко ли порождать такие надежды, когда для них так мало оснований? Прежде всего по той причине, что не показано, являются ли лучи поперечными колебаниями. Если бы они были таковыми, мы бы отыскали средства для их преломления, что предоставило бы возможность проецирования достаточно небольшого изображения на сетчатку глаза. На самом деле можно спроецировать лишь тень очень небольшого объекта. Какую пользу можно извлечь из лучей в этом направлении? В конечном счете может быть форму небольшого объекта и распознавали бы путем отпечатка на сетчатке глаза, но чувство осязания более чем достаточно для того, чтобы передавать подобные впечатления. Хорошо известно, что световые ощущения возбуждаются двояким образом: посредством механического удара и электрической передачи. Полагаю, что и то, и другое присутствует в рентгеновских лучах, а, следовательно, можно предположить по-

добное воздействие на оптический нерв. Однако, замечу, что не могу подтвердить некоторые из опубликованных экспериментов. Например, когда руку помещают перед закрытыми глазами, легко распознать тень, что очень похоже на опыт со свечой, свет которой прикрывают рукой. Но если закрыть трубку и одновременно исключить попадание света, то я не смогу получить подобного ощущения. Поэтому, такое восприятие вызывает, главным образом, обычный свет, либо мои трубки действуют не так, как трубки, с которыми экспериментируют другие. Может быть здесь стоит напомнить, что, когда закрыты глаза, при обычном солнечном свете, особенно в южных странах, легко различимы тени объектов и даже их примерные очертания. Если перейти к предположению, что в действительности дело касается материальных потоков, важно узнать, каковы наилучшие условия для получения отпечатков с помощью чувствительного экрана или пластины. Во-первых, экспериментатор легко обнаружит, что есть две причины, которые влекут за собой усиление интенсивности отпечатков для данной лампы и катушки. Можно сказать, что одна из этих причин покоится в лампе, а другая в катушке. Будучи в большинстве случаев изготовленной из многочисленных витков тонкого провода, катушка очень чувствительна к изменениям емкости тел, присоединяемых к ее выводам. Поэтому емкость тел и определяет в основном разность потенциала. При определенной степени разрежения емкость принимает такое значение, при котором напряжение повышается до максимума, что ведет к наивысшей скорости катодного потока, а, следовательно, к наивысшей интенсивности лучей. Но может статься, а обычно, так и случается, что при такой степени разрежения не слишком сильны катодные потоки. Чтобы добиться наилучшего результата, необходимо путем тщательного подбора размеров лампы добиться оптимального баланса обеих причин, что на самом деле очень трудно, поскольку экспериментатор вынужден использовать промышленные лампы, которые возможно наилучшим образом подходят к его катушке, а возможно и нет. Простой анализ показывает большое преимущество катушки, в которой нет тонкого провода, и которая способна давать очень сильный ток во вторичной обмотке, намного превышающий ток, необходимый даже для самой большой лампы.

Допустим, что врач научился наилучшим образом манипулировать своей установкой. Далее он заметит, что для того, чтобы добиться наивысшей резкости, ему необходимо поддерживать определенное напряжение на выводах трубки, которое зависит в основном от расстояния до исследуемого объекта и степени его непроницаемости. И без слов понятно, что резкость тем выше, чем меньше пятно, из которого исходят лучи, но это справедливо только для отпечатков, получаемых при очень небольших расстояниях. Если расстояния большие, то излишне небольшая поверхность излучения — недостаток, поскольку плотность уменьшается до такой степени, что воздействие слишком слабое. Отметая этот вариант, ясно, что в случае интенсивных лучей [они] проникают и через более непроницаемые части тела, но многие детали теряются, тогда как при меньшей интенсивности лучей отпечаток возможно будет слишком слаб, чтобы выявить достаточные детали [объекта].

Для простой иллюстрации наилучшей методики воспользуюсь несложным примером. Допустим, что между двумя вставками на платье есть инородный объект, например, монета, и требуется определить его местонахождение. Можно добиться этого, если поместить за платьем картонку, а затем с определенной дистанции выпустить по тому месту, где предположительно находится монета, заряд мелкой дроби. Дробь пронзит ткань платья во всех местах, за исключением того участка, где расположена монета, а на картонке, которая находится позади, это место будет отчетливо обозначено отсутствием следов от дробин. Точно также мы действуем, когда определяем местонахождение такого тела с помощью рентгеновских лучей. Рентген дал нам ружье для стрельбы — действительно волшебное ружье, выбрасывающее снаряды, которые обладают проникающей способностью в тысячи раз большей, чем пушечное ядро, и, возможно, переносящее их на расстояния во много миль со скоростями, которые

никаким иным нам известным способом недостижимы. Снаряды эти настолько малы, что, очевидно, можно стрелять ими сквозь наши мягкие ткани дни, недели, месяцы и годы без вредных последствий. Вместо картона, который указывает путь снарядов, Рентген дал нам то, что следовало бы назвать рентгеновским экраном, который светиться во всех местах, в которые ударяют снаряды. Там же, куда снаряды не могут пробиться, чему препятствует непроницаемое для них тело, экран не мерцает, и мы наблюдаем тень объекта. Проецировать тень объекта таким способом достаточно просто, но когда требуется показать более тонкие детали его структуры, возникают сложности. Тотчас оказывается, что для получения наилучшего результата, необходимо более или менее удовлетворить два условия. Во-первых, экран должен состоять из такого материала, который способен люминесцировать при малейшем ударе; и, во-вторых, все снаряды должны быть одинакового размера и двигаться с одинаковой скоростью. На самом деле ни одно из этих двух условий не было выполнено, поскольку для всех тел, как нам известно, требуется сокрушительное воздействие, чтобы заставить их люминесцировать, и до сих пор не найден способ получения частиц, однородных по скоростям и размерам. Но если немного поразмыслить, то тут же придем к заключению, что должна существовать определенная скорость снарядов, которая при любых условиях даст наилучшую резкость.

Эту скорость легко найти из опыта. Очевидно, что резкость будет наилучшей, если пули, которые проходят через самые плотные части тела, ударяют экран столь слабо, что это не приводит к его свечению, тогда как пули, проходящие сквозь части, плотность которых чуть меньше, ударяют его достаточно сильно, чтобы заставить экран слегка светиться. Чем чувствительнее экран к удару, то есть чем слабее требуется удар для того, чтобы заставить экран светиться, тем большее число деталей будет выявлено. Отсюда следует, что при использовании рентгеновских лучей для более тонкой работы лучше подходит более чувствительное вещество, а не то, которое сильнее флуоресцирует.

Подобное рассуждение привело меня к следующее методике, которая на деле оказалась весьма успешной. Сначала рентгеновский экран прикладывали к обследуемому телу, при этом напряжение на клеммах трубки было очень небольшим. Затем напряжение медленно повышали. Оказалось, что при определенном напряжении получается самая четкая тень исследуемого объекта. Но по мере улучшения вакуума, это напряжение, как правило, возрастает, а изображение становится расплывчатым, несмотря на то, что экран становится ярче. Как только резкость слегка нарушается, экспериментатору необходимо на некоторое время изменить полярность тока, тем самым немного ухудшая вакуум. Как только вновь восстанавливают ту полярность тока, которую он имел изначально, то есть при которой вакуум медленно и неуклонно возрастает, тень вновь становится четкой. Вот такой несложной манипуляцией можно добиться наилучшего результата. Это дает еще одно преимущество: частая смена полярности вызывает более яркую фосфоресценцию экрана. Делая фотографии, необходимо наблюдать за лампой через экран и выполнять описанные выше переключения.

В качестве примера эффективности подобной методики упомяну лишь один всплывший в памяти случай. Несколько месяцев назад я обследовал пациента, г-на Корнелия Мака, г. Уотертаун, штат Массачусетс. Много лет назад отбывая воинскую повинность г-н Мак был ранен пулей, которая застряла где-то в грудной клетке, и которую никак не могли отыскать. Тщетно я прикладывал экран несколько раз, хотя потоки пронизывали тело столь легко, что расположенный за ним экран казался голубовато белым, и все кости были различимы. Но пули я не видел. Тогда я прибегнул к описанным выше ухищрениям и тут же с легкостью определил точное местонахождение пули: между лопаткой и одним из ребер. Пулю извлекли.

13

О ВРЕДОНОСНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ ТРУБОК ЛЕНАРДА И РЕНТГЕНА*

В связи с быстрым развитием использования трубок Ленарда и Рентгена или ламп Крукса либо в качестве медицинского оборудования, либо как инструментов для лабораторных исследований желательно, особенно в связи с возможностью определенных вредных воздействий на человеческие ткани, исследовать природу этих влияний, чтобы выяснить условия их вероятного проявления и, — что более важно для практиков, — чтобы исключить все возможные травмы и повреждения путем соблюдения определенных правил и применения надежных средств и надлежащих мер.

Как я указывал в предыдущем сообщении (см. Electrical Review за 2 Декабря 1896), не следует препятствовать экспериментаторам свободно применять Рентгеновские лучи из страха отравлений или вредоносных воздействий, и совершенно неправильно давать волю экспрессии подобного рода, которая может тормозить прогресс и создать предубеждение против этого открытия, которое уже принесло немало пользы и обещает намного больше. Но нельзя отрицать, что столь же неправильным будет игнорировать опасности, которые как мы теперь знаем, действительно существуют. Я считаю наиболее необходимым осознавать эти опасности, так как я предвижу распространение применения новых устройств, способных порождать лучи несравненно более высокой энергии. В научных лабораториях инструменты обычно находятся в руках людей, умеющих с ними работать и способных приблизительно оценивать величину эффектов, и при нынешнем уровне наших знаний непринятия необходимых предосторожностей не следует особенно опасаться. Но медики, высоко оценившие неисчислимые выгоды, проистекающие от правильного применения этого нового принципа, а также многочисленные любители, очарованные красотой этих новых явлений, которые все страстно стремятся экспериментировать в только что открытых областях, но при этом многие из них естественно не вооружены специальными познаниями в электротехнике, — всем им очень нужна достоверная информация от специалистов, и главным образом для них и написаны эти строки. Кроме того, в виду все еще неполных знаний об этих лучах, я хочу, чтобы нижеследующие утверждения рассматривались без какой-либо иной авторитетности, нежели та, что основана на добросовестности моих исследований и вере в точность моих чувств и наблюдений.

Еще тогда, когда стало известно об открытии Профессора Рентгена, я провел исследования в указанных им направлениях и с применением улучшенного аппарата, дающего лучи гораздо большей интенсивности, чем позволяли получать обычные устройства. Как правило, от моих ламп можно было видеть тень руки на фосфоресцентном экране на расстояниях в 40 или 50 футов или даже больше, и я и мои помощники подвергались воздействию этих ламп каждый раз в течение нескольких часов. И хотя это происходило каждый день, не было отмечено никакого самого незначительного вредного влияния — пока принимались определенные меры предосторожности. Напротив, было ли то совпадением, влиянием лучей или же некоей вторичной причины, возникающей при работе ламп, — как например генерации озона, — мое

* Electrical Review, May 5, 1897.

собственное здоровье и здоровье двух других людей, которые ежедневно находились под влиянием лучей, в большей или меньшей степени, заметно улучшилось и, какова бы ни была причина, факт, что беспокоивший меня кашель, которым я постоянно страдал, исчез полностью, и похожее улучшение наступило и у другого человека.

При получении фотографических изображений или исследовании лучей при помощи фосфоресцентного экрана я использовал пластину из алюминиевого листа или ткань из алюминиевой проволоки, которые помещались между лампой и человеком и соединялись с землей напрямую или через конденсатор. Я использовал эту предосторожность, потому что мне было известно, задолго до этого, что определенное раздражение кожи вызывают очень сильные стримеры, которые, особенно на малом расстоянии, образуются на теле человека посредством электростатического воздействия контакта переменного высокого потенциала. Я выяснил, что возникновение этих стримеров и из вредных последствий полностью предотвращаются с помощью проводящего тела, вроде листа или проволочной ткани, размещаемого и заземляемого как сказано выше. Кроме того, было замечено, что упомянутые поражающие эффекты не уменьшаются постепенно с расстоянием от контакта, но прекращаются резко, и я не мог дать раздражению кожи никакого другого объяснения, столь же правдоподобного, как то, которое я приводил, а именно, что этот эффект был обусловлен озоном, который в избытке производится. Последняя отмеченная особенность также согласовывалась с этой точкой зрения, поскольку генерация озона прекращается резко на определенном расстоянии от контакта, откуда становится очевидным, что абсолютно необходима некоторая определенная интенсивность воздействия, как в процессе электролитического разложения.

При дальнейшем проведении своих исследований я постепенно разными путями изменял аппарат, и непосредственно мог наблюдать вредные воздействия в результате экспозиций. Изучая внесенные мной изменения я обнаружил, что я в трех местах отклонился от изначального проекта. Во-первых, не использовал алюминиевый лист, во-вторых, лампа, которую я применял, содержала платину либо в качестве электрода, либо в качестве мишени, и в-третьих, расстояния, на которых делались экспозиции, были меньше обычного.

Не потребовалось много времени, чтобы убедиться, что вставляемый в промежутке алюминиевый лист был очень эффективной мерой против повреждений, потому что позади него руку можно было экспонировать в течение долгого времени без покраснения кожи, которое в иных случаях возникало неизменно и очень быстро. Этот факт поразил меня вытекающим заключением, что какова бы ни была природа вредных воздействий, она в большой мере зависела либо от электростатического воздействия, либо электризации, либо от вторичных эффектов, из этого проистекающих, таких, какие сопутствуют образованию стримеров. Эта точка зрения давала объяснение, почему исследователь мог смотреть на лампу в течение любой продолжительности времени, пока он держал впереди тела руку, как при исследованиях с помощью флуоресцентного экрана, и при совершенной невосприимчивости всех частей его тела, за исключением руки. Подобным же образом объясняется, почему в некоторых случаях ожоги образовывались на другой стороне тела, вблизи фотографической пластины, в то время как области на непосредственно экспонируемой стороне тела, которые были гораздо ближе к лампе и следовательно подвергались воздействию гораздо более сильных лучей, оставались нетронутыми. Это также дает легко понять, почему пациент испытывал пощипывающее ощущение на экспонируемой части тела всегда, когда имело место вредное воздействие. И наконец, эта точка зрения согласуется с многочисленными наблюдениями того, что вредные воздействия возникали, когда присутствовал воздух, и одежда, сколь бы толстой она ни была, защиты не давала, тогда как они практически исчезали, когда в качестве предохраняющей меры использовался слой жидкости, легко проницаемый лучами, но исключающий любой контакт воздуха с кожей.

Далее, идя по второму направлению исследований, я сравнил лампы, в которых был толь-

ко алюминий, с тему, в которых помимо этого использовалась платина, обычно в качестве тела-мишени, и вскоре на руках стало достаточно доказательств, чтобы отбросить все сомнения, что второй металл был гораздо более вредным. В подтверждение этого утверждения можно привести один из опытов, который еще и демонстрирует необходимость принятия надлежащих предосторожностей при работе с лампами очень высокой мощности. Для проведения сравнительный тестов были сделаны две лампы улучшенной модели Ленарда, похожие по размерам и почти во всех остальных отношениях. В обеих был вогнутый катод или рефлектор примерно двух дюймов в диаметре, и у обеих был алюминиевый колпак или окно. В одной из трубок было сделано так, чтобы катодный фокус совпадал с центром колпака, а в другой катодный поток концентрировался на платиновой проволоке, поддерживающейся на стеклянной ножке соосно с трубкой немного впереди окна, и в каждом случае металл последнего в центральной области был утоньшен так, что он едва мог противостоять давлению воздуха снаружи. Изучая воздействие этих трубок, я экспонировал одну руку под той, в которой был только алюминий, а другую — под трубкой с платиновой проволокой. Включив первую трубку, я с удивлением обнаружил, что алюминиевое окно издавало чистую ноту, соответствующую ритмическому воздействию катодного потока. Помещая руку совсем близко к окну, я отчетливо ощущал, как в нее било что-то теплое. Ощущение было безошибочным, и даже независимо от чувства теплоты, очень сильно отличалось от пощипывающих ощущений, вызываемых стримерами или маленькими искрами. После этого я испытал трубку с платиновой проволокой. Алюминиевое окно не испускало никакого звука, вся падающая энергия, по-видимому, затрачивалась на платиновой проволоке, которая становилась раскаленной, или же материя, из которой состоял катодный поток, настолько дезинтегрировалась, что тонкий металлический лист не представлял для ее прохождения практически никакого препятствия. Если большие комья бросают на проволочную сетку с большой ячеей, на сетку воздействует заметное давление. Если, напротив, — для демонстрации, — комки очень маленькие сравнительно с ячеей, давления не возникает. Но хотя окно и не вибрировало, я тем не менее вновь и отчетливо ощущал, как что-то било в руку, и ощущение теплоты было сильнее, чем в предыдущем случае. В воздействии на экран между трубками по-видимому не было никаких различий, обе делали его очень ярким, и отчетливость теней была одинаковой, насколько возможно было об этом судить. Я смотрел через экран на вторую лампу лишь несколько раз, только когда что-то отвлекало мое внимание, и не прошло и 20 минут после этого, как я увидел, что рука, подставленная под нее, сильно покраснела и вспухла. Думая, что это было вызвано каким-то случайным повреждением, я вновь вернулся к испытанию платиновой трубки, придвинув ту же руку ближе к окну, а теперь я постоянно ощущал чувство боли, которое становилось более отчетливым, когда я приближал руку к алюминиевому окну. Странной особенностью было то, что боль находилась не на поверхности, а глубоко внутри тканей руки, или даже в костях. Хотя совокупная экспозиция была определенно меньше полминуты, я страдал от серьезной боли в течение нескольких дней после этого, и через некоторое время позже я обнаружил, что на пораженной руке все волосы разрушились и ногти выросли заново.

Теперь я экспериментировал с лампой без платины, будучи более внимательным, но вскоре стала очевидна ее сравнительная безвредность, потому что хотя от нее и краснела кожа, поражение даже близко не было столь же серьезным, как от другой трубки. Таким образом полученный ценный опыт состоял в том что: Доказано, что что-то горячее бьет по подставленной части тела; боль ощущалась мгновенно; поражение возникало сразу же после экспозиции, и особенно жестоким оно становилось, по всей вероятности, благодаря присутствию платины.

Некоторое время спустя я наблюдал другие примечательные воздействия на очень малых расстояниях от мощных трубок Ленарда. Например, если держать руку вблизи окна всего лишь несколько секунд, то кожа становится тугой, или же напрягаются мускулы, потому что возни-

каст некоторое сопротивление при попытке один раз ее сжать, но после нескольких сжатий и разжатий ощущение исчезает, и никаких болезненных ощущений не остается. Более того, я наблюдал отчетливое влияние на носовые органы, похожее на эффекты, как будто только что простудился. Но самым интересным в этом отношении наблюдением было следующее: Когда человек некоторое время смотрит на такую мощную лампу, причем голова наблюдателя находится очень близко, он вскоре после этого испытывает ощущение столь необычное, что его нельзя не заметить, если хоть раз обратить на него внимание, так как оно столь же отчетливо, как прикосновение. Если представить себе, что смотришь на что-нибудь вроде снаряда например, находясь рядом и в опасной близости от него, и он вот-вот взорвется, то это даст хорошее представление о получаемом ощущении, единственно, что в случае со снарядом человек не может разобраться в том, где ощущение на самом деле есть, потому что кажется, что оно распространяется по всему телу, что указывает на то, что оно происходит из общей боязни опасности, проистекающей из предшествующего и множественного опыта, а не от предчувствия неприятных воздействий непосредственно на один из органов, как например на глаз или ухо. Но в случае с трубкой Ленарда можно сразу и точно локализовать ощущение; оно находится в голове. Это наблюдение не имело бы никакой ценности помимо, возможно, его своеобразности и остроты ощущения, не будь оно в точности таким же, как ощущение, образующееся при работе в течение некоторого времени с искровым промежутком, который порождает много шума, или, более обще, когда подвергаешь ухо резким шумам или взрывам. Поскольку кажется невозможным вообразить, как последнее может вызвать такое ощущение иначе, как напрямую воздействуя на органы слуха, я заключил что трубка Ленарда или Рентгена, работая совершенно бесшумно, чего можно добиться, тем не менее производит сильные взрывы, или хлопки и удары, которые, хотя они и неслышимы, оказывают определенное ощутимое материальное воздействие на кости скелета головы. Их неслышимость можно в достаточной степени объяснить вполне обоснованным предположением, что в их распространении задействован не воздух, но некая более тонкая среда. Но самые интересные факты были раскопаны при продвижении в третьем направлении исследования природы этих вредных воздействий, а именно, при изучении влияния расстояния. Чтобы популярно проиллюстрировать, скажу, что Рентгеновская трубка действует в точности как источник сильного тепла. Если поднести руку близко к раскаленной докрасна печке, можно сразу сильно обжечься. Если держать руку на определенном небольшом расстоянии, можно выдержать лучи в течение нескольких минут или даже дольше, и все равно можно получить ожог от продолжительной экспозиции. Но если отдалиться всего лишь еще ненамного, где тепла незначительно меньше, можно противостоять теплу чувствуя себя удобно и сколь угодно долго без какого-либо ущерба, потому что излучения на этом расстоянии слишком слабы, чтобы серьезно мешать жизненными процессам в коже. Абсолютно так же действует лампа. За пределами некоторого расстояния никакого вредного влияния на кожу не оказывается, не важно, сколь долгая экспозиция. Характер ожогов также такой, как от источника тепла. Я настаиваю, при всем уважении к мнению других, что те, кто уподоблял влияние на кожу и ткани солнечным ожогам, неверно их истолковывали. В этом отношении нет никакого сходства, за исключением разве что покраснения и слезания кожи, что может проистекать вследствие неисчислимых причин. Слабые ожоги больше походят на те, которые часто получают люди, работающие вблизи сильного огня. Но когда поражение сильное, оно во всех проявлениях похоже на получаемое от контакта с огнем или раскаленным до красна железом. Инкубационного периода может не быть совсем, как видно из предшествующих замечаний, потому что лучи оказывают влияние сразу, если не сказать мгновенно. В серьезных случаях кожа становится глубоко окрашенной и местами почерневшей, и принимает вид отвратительных, болезненных волдырей; эти слои сходят, открывая голое мясо, которое со временем спокойно заживает. Жгучая боль, лихорадка и подобные симптомы — это ни что иное, как естественные спутники. Одно единственное поражение этого рода, в области живота, у моего дорогого и

усердного помощника — единственный случай, произошедший за все время с кем либо кроме меня самого во всех моих лабораторных опытах — я имел несчастье наблюдать. Он произошел до того, как был приобретен весь этот и прочий опыт, непосредственно в результате пятиминутной экспозиции очень высоко заряженной платиновой трубке на достаточно безопасном расстоянии в И дюймов, когда по несчастью не было защитного алюминиевого экрана, и это наполнило меня самыми мрачными опасениями. По счастью, частые теплые ванны, применение вазелина, очистка и общий уход вскоре помогли восстановиться от разрушительного воздействия, и я снова смог вздохнуть свободно. Знай я больше об этих вредных воздействиях, этой несчастной экспозиции бы не делалось; знай я меньше, она могла бы быть сделана на меньшем расстоянии, и могла последовать еще более серьезная травма, возможно неизлечимая.

Я впервые пользуюсь случаем с горечью выполнить долг и описать происшествие. Я надеюсь, что другие будут делать так же, чтобы мы могли быстрее приобрести полные знания об этих опасных воздействиях. Мои опасения заставили меня рассмотреть с интересом намного бо́льшим, чем я бы испытывал в ином случае, что могло бы случиться в случае серьезного поражения внутренних тканей. Я пришел к очень утешительному заключение, что независимо от того, что из себя в конечном итоге представляют лучи, практически вся их разрушительная энергия должна выделиться на поверхности тела, и внутренние ткани со всей вероятностью останутся неповрежденными, если только лампу не помещать очень близко к коже, или же если не будут получены лучи намного бо́льшей интенсивности, чем достижимая сегодня. Есть много причин, по которой это может быть так, и некоторые из них станут ясны из моих предшествующих утверждений касательно природы этих вредных воздействий, но я могу привести новые факты в поддержку этой точки зрения. Можно отметить существенную особенность упомянутого случая. Было замечено, что в трех местах, которые были закрыты толстыми костяными пуговицами, кожа осталась полностью невредимой, хотя была полностью повреждена под каждым из маленьких отверстий в пуговицах. Лучи не могли, как показало исследование, достигнуть этих точек кожи по прямым линиям, идущим от лампы, и как представляется, это указывает, что не все поражение было обусловлено рассматриваемыми лучами или излучениями, которые несомненно распространяются по прямым линиям, но что, по крайней мере частично, за это ответственны сопутствующие причины. Дальнейшее экспериментальное доказательство этого факта может быть получено следующим образом: Экспериментатор может возбудить лампу до подходящей и гораздо меньшей степени, чтобы флуоресцентный экран светился достаточно интенсивно на расстоянии, скажем, семи дюймов. Он может экспонировать свою руку на этом расстоянии, и после определенного времени экспозиции кожа покраснеет. Он после этого может усилить работу лампы до гораздо более высокой мощности, пока на расстоянии 14 дюймов экран не начнет светиться даже сильнее, чем он до этого светился на вдвое меньшем расстоянии. Лучи теперь очевидно сильнее на большем расстоянии, и хотя он может экспонировать руку очень долго, можно с уверенностью утверждать, что вреда не будет. Конечно, можно выдвинуть аргументы, лишающие силы приведенное доказательство. Так, можно было бы утверждать, что воздействия на экран или фотографическую пластину не дают нам представления относительно плотности и других количественных характеристик лучей, потому что эти воздействия имеют полностью качественные свойства. Предположим, лучи состоят из потоков материальных частиц, как считаю я, тогда вполне можно думать, что нельзя сделать какого-либо конкретного вывода, в том что касается видимого воздействия на экран или пленку, относительно того, падает ли на чувствительный слой триллион частиц на квадратный миллиметр или только миллион, например. Но с воздействиями на кожу дело обстоит по-другому, Они определенно должны очень существенно зависеть от количественных характеристик потоков.

Как только был осознан упомянутый выше факт, а именно, что за пределами определенного расстояния даже самые мощные трубки неспособны производить поражающего воздействия,

независимо от длительности экспозиции, стало важно определить безопасное расстояние. Рассматривая весь мой предыдущий опыт, я обнаружил, что очень часто у меня были трубки, которые на расстоянии 12 футов, для примера, давали сильные отпечатки грудной клетки человека при экспозиции в несколько минут, и много раз люди подвергались воздействию лучей от этих трубок с расстояния от 18 до 24 дюймов при времени экспозиции меняющемся от 10 до 45 минут, и ни разу не был замечен и самый слабый след вредного воздействия. С такими трубками я даже делал длинные экспозиции с расстояний в 14 дюймов, всегда конечно через тонкий лист или проволочную ткань из алюминия, соединенные с землей, и в каждом случае следя за тем, чтобы металл не давал никаких искр, когда человек притрагивается к нему рукой, как это может иногда быть, когда электрические колебания имеют слишком высокую частоту, в каковом случае следует прибегнуть к заземлению через конденсатор соответствующей емкости. Во всех этих случаях использовались лампы, в которых был только алюминий, и поэтому у меня до сих пор нет достаточных данных, чтобы составить точное представление о том, какое расстояние было бы безопасным в случае платиновой трубки. Из случая, приведенного до этого, мы видим, что смертельно опасное повреждение произошло на расстоянии 11 дюймов, но я считаю, что если бы использовался защитный экран, то повреждение было бы очень слабым, если бы было вообще. Собирая воедино весь мой опыт, я убежден, что никакого серьезного повреждения не может возникнуть, если расстояние больше 16 дюймов, и отпечаток получается описанным мною способом.

Достигнув успехов на ряде направлений исследований, касающихся этого нового раздела науки, я теперь могу сформировать более широкий взгляд на воздействия ламп, и он, я надеюсь, вскоре примет вполне определенные очертания. В настоящий момент будет достаточно следующего короткого утверждения. Согласно полученным мною данным, колба во время работы испускает поток малых материальных частиц. Существует несколько экспериментов, которые, по-видимому, указывают на то, что эти частицы стартуют с внешней стороны стенки лампы. Есть и другие, которые, как представляется, подтверждают, что имеет место действительное проникновение через эту стенку, и в случае тонкого алюминиевого окна у меня сейчас нет ни малейшего сомнения, что некоторая до высокой степени дезинтегрированная катодная материя действительно через нее проходит. Эти потоки легко проецируются на большое расстояние, причем их скорость постепенно уменьшается без образования каких-либо волн, или же они могут вызывать удары и продольные волны. Это для настоящего рассмотрения совершенно несущественно, но предполагая существование таких потоков частиц и игнорируя подобные воздействия, которые могут обуславливаться химическими или физическими свойствами проецируемой материи, мы должны рассмотреть следующие специфические воздействия:

Первое. Есть термальный эффект. Температура электрода или тела, о которое происходит удар, ни в коей мере не дают представления о степени нагретости частиц, но, если мы рассмотрим лишь вероятные их скорости, то они соответствуют температурам, могущим достигать 100,000 градусов Цельсия. Вполне возможно, этого достаточно, чтобы просто частицы нагретые до высокой температуры производили поражающее воздействие, и на самом деле на это указывают многие данные. Но против этого говорит тот экспериментальный факт, что мы не можем доказать подобного переноса тепла, и пока еще не найдено никакого удовлетворительного объяснения, хотя я и достиг определенных результатов, проводя исследования в этом направлении.

Второе, есть чисто электрический эффект. Мы имеем абсолютное экспериментальное доказательство того, что эти частицы или лучи, если выражаться вообще, переносят огромное количество электричества, и я даже обнаружил способ оценить и измерить это количество. Поэтому также возможно, что просто самого факта того, что эти частицы сильно заряжены,

достаточно, чтобы вызвать разрушение тканей. Конечно, при контакте с кожей электрические заряды будут сбрасываться, и могут порождать сильные и разрушительные локальные токи в малых толщинах тканей. Экспериментальные результаты согласуются с этой точкой зрения, и проводя исследования в этом направлении я достиг даже большего успеха, чем в первом. Хотя, как я говорил ранее, эта точка зрения лучше объясняет воздействие на чувствительные слои, эксперимент показывает, что когда предполагаемые частицы проходят через заземленную пластину, они не лишаются полностью своего заряда, что не объяснено удовлетворительно.

Третий эффект электро-химический. Заряженные частицы вызывают избыточную генерацию озона и других газов, а они, как известно, разрушают даже такие материалы как резина, и поэтому наиболее вероятно, что именно они являются разрушающим кожу фактором, и доказательства в этом направлении самые веские, поскольку тонкий слой жидкости, препятствующий контакту газообразного вещества с кожей, похоже, прекращает всяческое воздействие.

Последний эффект, который мы рассмотрим, чисто механический. Вполне возможно, что материальные частицы, движущиеся с такими огромными скоростями, могут разрушать ткани просто за счет механического удара и неизбежного при таких скоростях нагрева, и в этом случае более глубоко лежащие слои также могут поражаться, тогда как весьма вероятно, что при принятии любого из предыдущих объяснений ничего такого не происходило бы.

Суммируя весь мой экспериментальный опыт и выведенные из него заключения, представляется желательным, во-первых, не использовать лампы, содержащие платину; во-вторых, вместо них применять соответствующие трубки Ленарда, в которых есть только чистый алюминий, и, кроме того, имеющих еще и то преимущество, что их можно сделать с большой механической точностью, и тем самым они могут давать гораздо более резкие отпечатки; в-третьих, использовать защитные экраны из алюминиевого листа, как описывалось, или вместо него мокрую одежду или слой жидкости; в-четвертых, делать экспозиции по меньшей мере на 14 дюймах, и предпочтительнее делать более долгие экспозиции на бо́льшем расстоянии.

ОБ ИСТОЧНИКЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ, ПРАКТИЧЕСКОМ СОЗДАНИИ ТРУБОК ЛЕНАРДА И БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЕ С НИМИ *

Я уже в течение некоторого времени чувствовал, что будет своевременным и полезным изложить ряд указаний относительно практического создания трубок Ленарда улучшенной конструкции, большое количество которых я недавно показывал в Нью-Йоркской Академии Наук (6 Апреля 1897 г.), особенно поскольку при правильной их конструкции и использовании можно избежать большей части опасности экспериментирования с [их] лучами. Простые предосторожности, изложенные мною в моих предыдущих сообщениях, по-видимому, остались без внимания, и сообщения о случаях пострадавших среди пациентов появляются почти ежедневно. И хотя бы по одной этой причине, не будь даже всего остального, следовало раньше написать эти строки по данному вопросу, не мешай мне это сделать неотложные и неизбежные обязанности. Короткий, и, я могу сказать, совсем нежеланный перерыв в работе, требующей моего внимания, теперь позволяет это сделать. Однако, поскольку подобные возможности выпадают редко, я воспользуюсь нынешней и несколько слов посвящу и другим вопросам, связанным с данным предметом, а особенно тому важному результату, который я достиг некоторое время назад при помощи такой трубки Ленарда, и который, если я правильно информирован, я могу считать своим собственным лишь отчасти, потому что по-видимому, именно его другими словами выразил Профессор Рентген в недавнем сообщении Берлинской Академии Наук. Этот результат указывает на связь с имевшим широкое обсуждение вопросом об источнике Рентгеновских лучей. Как можно вспомнить, в первом обнародовании своего открытия Рентген придерживался мнения, что лучи, которые воздействовали на чувствительный слой, испускаются из флуоресцентного пятна на стеклянной стенке лампы. Другие ученые приписывали их катоду; еще одни аноду, а некоторые считали, что лучи испускаются только лишь из флуоресцентной пыли на поверхностях, и умозрительные спекуляции, по большей части безосновательные, до такой степени разрослись, что можно было бы в отчаянии воскликнуть вслед за поэтом:

"O glücklich wernoch hoffen кann,
Aus diesem Meer des Irrtums aufzutauchenf" ^

Мои собственные эксперименты привели меня к пониманию того, что независимо от его местоположения, главным источником этих лучей было место первого соударения излучаемого потока частиц внутри колбы. Это было довольно широкое утверждение, из которого утверждение Профессора Рентгена [вытекало] как частный случай, так как в его первом эксперименте флуоресцентное пятно на стеклянной стенке было, по совпадению, тем местом первого соударения катодного потока. Исследования, проведенные до сегодняшнего дня, только Лишь подтвердили правильность вышесказанного мнения, и место первого соударения

---

* Electrical Review, 11 Августа, 1897 г.

1) *И.В.Гете, "Фауст"*

Блажен, кто вырваться на свет
Надеется из лжи окружной.
(Перевод Б.Пастернака)

Блажен, кто верит берега достичь
Из моря заблуждений и разлада!
(Перевод В. Брюсова) *(п.п)*

потока частиц —будь то анод или независимое тело, с которым происходит соударение стеклянная стенка или алюминиевое окно, —продолжает считаться главным источником лучей. Но, как сейчас будет видно, это не единственный источник.

Со времени обнаружения вышеуказанного факта мои усилия были направлены на получение ответов на вопросы: Во-первых, является ли необходимым, чтобы тело, с которым происходит соударение, находилось внутри трубки? Во-вторых, требуется ли, чтобы препятствием на пути катодного потока было твердым или жидким? И, в-третьих, до какой степени скорость потока необходима для генерации и влияния на характер испускаемых лучей?

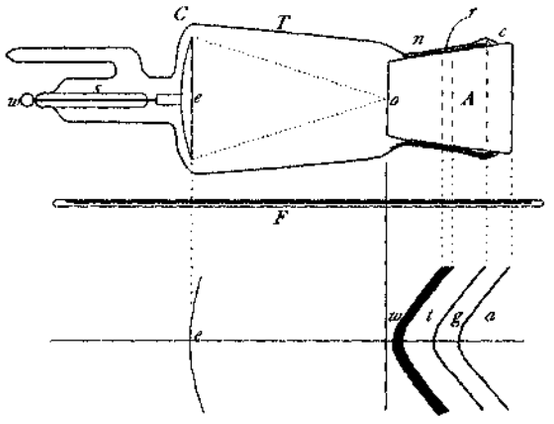


Рис. 1. —Иллюстрация Эксперимента. Обнаружение Истинного Источника Рентгеновских Лучей.

Для того, чтобы выяснить, может ли тело, находящееся вне трубки и на пути или в направлении потока частиц, производить такие же специфические явления, как и тело, находящееся внутри, оказалось необходимым сначала показать, что действительно имеет место проникновение частиц через стенку, или же напротив, что действие предполагаемых потоков, какой бы природы они ни были, достаточно ярко выражено во внешней области, близкой к стенке лампы, чтобы производить некоторые эффекты, которые специфичны для катодных потоков. Было несложно с помощью надлежащим образом сделанной трубки Ленарда, имеющей чрезвычайно тонкое окно, получить множество, и сначала удивительных,

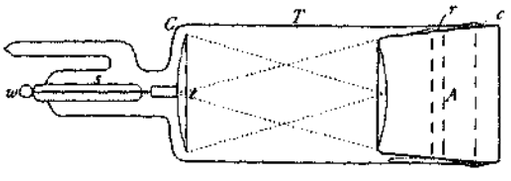


Рис. 2. —Улучшенная Трубка Ленарда.

доказательств такого характера. Некоторые из них уже были отмечены, и, полагаю, будет достаточно изложить здесь еще одно, которое я наблюдал впоследствии. В полой алюминиевой чашке А трубки, показанной на схеме Рис. 1, которую я подробно опишу, я поместил кусок серебра размером в пол-доллара, так чтобы он удерживался полосками слюды на малом расстоянии от окна или дна чашки и параллельно ему таким образом, чтобы он не касался металла трубки, и вокруг него везде оставался воздушный зазор. По возбуждении трубки в течение примерно 30 —45 секунд вторичным разрядом мощной катушки нового типа, сейчас уже хорошо известного, обнаружилось, что кусок серебра становился таким горячим, что буквально жег руку; хотя алюминиевое окно, которое представляло собой весьма незначительное препятствие катодному потоку, становилось лишь чуть-чуть теплым. Таким

образом, было показано, что серебряный сплав благодаря его плотности и толщине, отбирал основную часть энергии удара в процессе воздействия на него частицами практически идентично тому, как если бы он находился внутри лампы, и, более того, в результате наблюдения теней были получены указания на то, что он вел себя как второй источник лучей, в той мере, что очертания теней, вместо того чтобы быть резкими и ясными как будет если убрать пол-долларовый кусочек, они тусклые. Для главной цели данного исследования было несущественно выяснять с помощью более точных методов, действительно ли катодные частицы проникают через окно, или же с внешней стороны окна проецируется новый и отдельный поток. У меня нет ни малейшего сомнения, что имеет место первое, поскольку в этом отношении я мог получить множество дополнительных доказательств, которые я может быть изложу в ближайшем будущем.

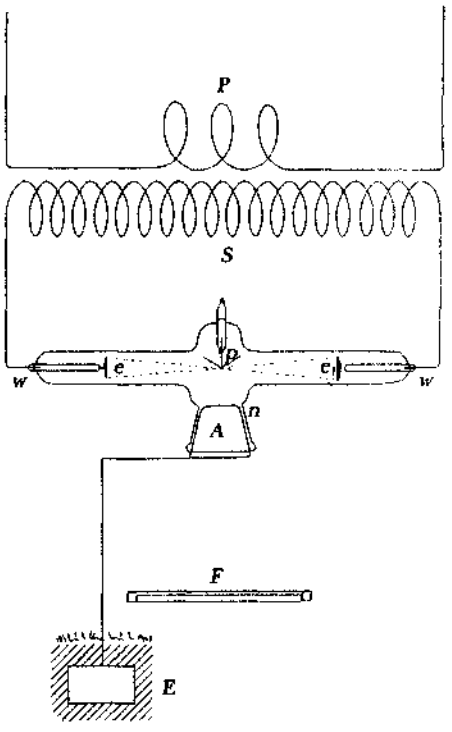


Рис. 3. —Иллюстрация Организации Эксперимента с Улучшенной Трубкой с Двойным Фокусом для Уменьшения Вредоносных Воздействий.

После этого я постарался убедиться, было ли необходимым, чтобы препятствие снаружи было, как в данном случае, твердым телом, или жидким, или, вообще, телом заметных размеров, и именно при исследованиях в этом направлении я пришел к результату, о котором я говорил во вводных предложениях настоящего сообщения. То есть, я наблюдал это достаточно случайно, хотя и следовал систематическому исследованию, что проиллюстрировано на схеме Рис. 1. Схема показывает трубку Ленарда улучшенной конструкции, состоящую из трубки *T из* толстого стекла, сужающуюся к одному концу, или шейке И, в которую вставлена алюминиевая чашка *A* и сферический катод *в,* держащийся на стеклянной ножке *S,* и платиновой проволочки *W,* впаянной в противоположный конец, как обычно. Алюминиевая чашка *A,* как будет видно, не находится в реальном контакте с землей —стеклянная стенка находится от последнего на малом расстоянии за счет узкого и сплошного кольца из фольги r. Внешнее пространство между стеклом и чашкой *A* заполнено цементом *c,* способом, который я позднее опишу. *F* —это Рентгеновский экран, такой как обычно используют при проведении наблюдений.

Теперь, если смотреть на экран в направлении от *F K T,* на освещенном фоне видны темные линии, показанные в нижней части схемы. Кривая линия *e* и прямая линия W были, конечно, сразу распознаны как соответственно отсветы катода *e* и дна чашки *A,* хотя вследствие сбивающей с толку оптической иллюзии они казались гораздо ближе друг к другу, чем они были на самом деле. Например, если расстояние между *e* и *O* было пять дюймов, то эти линии на экране отстояли примерно на два дюйма, насколько я мог судить на глаз. Эта иллюзия легко объяснима и довольно неважна, за исключением того момента, что врачу следует держать этот факт в уме, когда он будет проводить обследования с экраном, поскольку, благодаря данному эффекту, который порой вырастает до неимоверной степени, может создаться совершенно неправильное представление о расстояниях между отдельными частями, во вред хирургической операции. Но хотя линии *e* и W легко были соотнесены [с объектами], изогнутые линии *t, g, a* сначала озадачили. Вскоре, однако, удалось убедиться, что тусклая линия *a* была тенью от края

алюминиевой чашки, гораздо более темная линия *g* —тенью края стеклянной трубки *T,* а t — тенью кольца из фольги r. Эти тени на экране *F* ясно показывали, что агент, который воздействовал на флуоресцентный материал, действовал из пространства, внешнего по отношению к лампе, в сторону алюминиевой чашки, и главным образом из области, через которую проходили испускавшиеся из трубки через окно первичные возмущения или потоки, каковое наблюдение нельзя было объяснить лучшим образом, нежели предположив, что воздух и частички пыли вовне, на пути проецируемых потоков, являются препятствием для их прохождения и порождали удары и столкновения, распространяющиеся через воздух во всех направлениях, производя тем самым непрерывно новые источники лучей. Именно этот факт обнародовал Рентген в его упомянутом ранее сообщении. Так, по крайней мере, *я* проинтерпретировал его утверждение в сообщении, что лучи исходят из облученного воздуха.

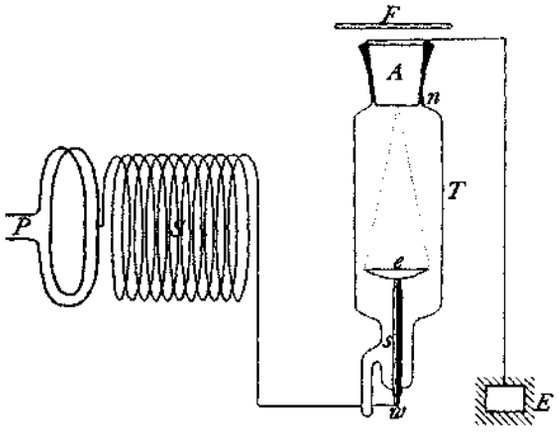


Рис. 4. —Иллюстрация Схемы с Трубкой Ленарда для Безопасной Работы на Близком Расстоянии.

Теперь остается показать, способен ли воздух, из которого удалены все инородные частицы, вести себя как ударное тело и источник лучей, чтобы решить, действительно ли генерация последних зависит от присутствия в воздухе ударных частичек заметных размеров. У меня есть основания думать [именно] так.

Обладая знанием этого факта, мы теперь можем сформировать более общее представление о процессе генерации излучений, которые были открыты Ленардом и Рентгеном. Оно может состоять из утверждения, что потоки мельчайших вещественных частиц, проецируемые из электрода с огромной скоростью, встречая препятствия, где бы они не находились, внутри лампы, в воздухе или другой среде, или в самих чувствительных слоях, порождают лучи или излучения, выказывающие многие из свойств того, что известно как свет. Если несомненно доказано, что данный физический процесс генерации этих лучей правилен, то это будет иметь наиболее важные следствия, поскольку побудит физиков вновь критически изучить многие явления, которые в настоящее время приписываются поперечным волнам эфира, что может привести к радикальному изменению существующих взглядов и теорий относительно этих явлений, если и не относительно их сути, то, по меньшей мере, относительно пути их возникновения.

Мои усилия в получении ответа на третий из поставленных выше вопросов привели меня к установлению, с помощью настоящих фотографий, тесной связи, которая существует между лучами Ленарда и Рентгена. Фотографии, имеющие к этому отношение, были выставлены на встрече Нью-Йоркской Академии Наук —я упоминал о нем выше, —6 Апреля 1897 г., но к сожалению, из-за краткости моего выступления и того, что я концентрировался на других вопросах, я опустил то, что было самым важным. А именно, описать способ, которым эти фотографии были получены, —недосмотр, который я смог лишь частично наверстать на следующий день. Правда, я по этому случаю проиллюстрировал и описал эксперименты, в

которых была показана отклоняемость Рентгеновских лучей магнитом, что устанавливает еще более тесную связь, если не идентичность, лучей, названных по именам этих двух открывателей. Но подробное описание этих экспериментов, как и других исследований и результатов, согласующихся и ограниченных тем предметом, который я представлял перед научным корпусом, появятся в более пространном сообщении, которое я медленно готовлю.

Чтобы ясно изложить значимость этих фотографий в данном вопросе, я бы напомнил, что в некоторых из моих предыдущих вкладах в научные общества я старался рассеять существовавшее ранее популярное мнение, что явления, известные как явления Крукса, зависят от и указывают на высокие вакуумы. Имея это целью, я показал, что фосфоресценция и большинство явлений в лампах Крукса можно получить и при более высоких давлениях газов в лампах с помощью более высоких или более резких электродвижущих импульсов. Имея перед собой этот хорошо доказанный факт, я приготовил трубку в манере, описанной Ленардом в его первом классическом сообщении по данному предмету. Трубка была откачана до умеренной степени, случайно или по необходимости, и было обнаружено, что когда она работала от обычной катушки высокого напряжения с низкой скоростью изменения тока, нельзя было обнаружить ни один из этих двух видов лучей, даже когда напряжение на трубке было настолько высоким, что через несколько мгновений она становилась очень горячей. Теперь, как я ожидал, если резкость импульсов через лампу будет в достаточной мере увеличена, лучи будут испускаться. Чтобы проверить это, я задействовал катушку того типа, который я многократно описывал, где на первичную подается разряд конденсатора. С таким устройством можно обеспечить любую необходимую резкость импульсов, поскольку там практически нет ограничений в данном отношении, так как достижим любой потенциал или электрическое напряжение. На самом деле, я обнаружил, что при увеличении резкости электродвижущих импульсов через трубку, —однако, без увеличения, но с уменьшением общей подаваемой не нее энергии, —фосфоресценция наблюдалась, и лучи начали появляться, сначала слабосильные лучи Ленарда, а позже, после еще более сильного увеличения резкости [импульсов], и Рентгеновские лучи огромной интенсивности, которые позволили мне получить фотографии, показывающие тончайшую структуру костей. И опять же, та же трубка, когда вновь запитывалась от обычной катушки с низкой скоростью чередований первичного тока, не испускала практически никаких лучей, даже когда, как сказано выше, через нее проходило намного больше энергии, насколько можно было судить по нагреванию. Этот опыт, вместе с тем фактом, что я преуспел в получении с помощью огромного электрического напряжения, достижимого посредством специального аппарата, сделанного для этой цели, ряда отпечатков в обычном воздухе, привели меня к заключению, что в разрядах молнии лучи Ленарда и Рентгена должны генерироваться при обычном атмосферном давлении

В этом месте я осознаю, по внимательном прочтении, предыдущих строк, что мои научные интересы возобладали над практическим, и что дальнейшие замечания следует посвятить главной цели данного сообщения —то есть тому, чтобы дать некоторые данные для конструирования тем, кто участвует в производстве этих трубок и, возможно, несколько полезных подсказок практикующим медикам, для которых данная информация важна. Вышеизложенное, тем не менее, для этих целей не теряет значимости, постольку поскольку оно показало, насколько сильно полученный результат зависит от правильной конструкции инструментов, потому что с обычными инструментами большинство из перечисленных выше наблюдений сделано бы не было.

Я уже описал вид трубки, проиллюстрированной на Рис. 1, а на Рис. 2 показано дальнейшее усовершенствование конструкции. В этом случае алюминиевая чашка *A,* вместо того, чтобы иметь ровное дно, как раньше, имеет сферическую форму, и цент этой сферы совпадает с центром электрода *e,* который сам, как на Рис. 1, имеет фокус в центре окна чашки *A,* что изображено пунктирными линиями. Алюминиевая чашка *A* имеет кольцо из фольги r, как на Рис. 1, или же, иначе, металл чашки растягивается в этом месте, чтобы обеспечить малую несущую поверхность между металлом и стеклом. Это важная практическая подробность, поскольку, когда несущая поверхность сделана малой, получается большое давление на единицу

площади, и стык получается лучше. Кольцо r следует вытягивать первым и потом устанавливать, чтобы оно соответствовало шейке лампы. Если вместо этого применяется кольцо из фольги, его можно вырезать из обычной крышечки из фольги, которые есть на рынке, только внимательно следя за тем, чтобы кольцо было очень гладким.

На Рис. 3 я показал модифицированную конструкцию трубки, которая, как и два типа описанные до этого, была представлена в выставленной мной коллекции. Это, как можно видеть, трубка с двойным фокусом, с ударными пластинами из иридиевого сплава и с алюминиевой чашкой *A* напротив. Трубка показана не из-за какой-то оригинальности конструкции, но просто чтобы проиллюстрировать практические особенности. Следует отметить, что алюминиевые чашки в описанных трубках вставлены внутрь шеек, а не снаружи, как часто делается. Долгий опыт показал, что практически невозможно поддерживать высокий вакуум в трубке с наружной чашкой. Единственный путь, которым я смог это сделать, по правде сказать, это с помощью охлаждения чашки струей воздуха, например, и соблюдая следующие предосторожности: Воздушная струя сначала включается слабо, и после этого трубка возбуждается. Затем ток через последнюю, а также давление воздуха, постепенно повышаются и выводятся на нормальный рабочий уровень. По завершении эксперимента давление воздуха и ток через трубку оба постепенно уменьшают, манипулируя обоими так, чтобы не возникало больших разностей температур между стеклом и алюминиевой чашкой. Если не соблюдать этих предосторожностей, вакуум сразу же нарушится вследствие неодинакового расширения стекла и металла.

С трубками, как описанные здесь, соблюдать эту предосторожность совсем необязательно, если при их подготовке были приняты надлежащие меры. При вставлении чашки она охлаждается настолько, насколько можно чтобы не возникла угроза повредить стекло, после чего ее мягко вдвигают в шейку трубки, следя за тем, чтобы она вошла прямо.

Две самых важных операции при производстве такой трубки, это, тем не менее, утоньшение алюминиевого окна и впаивание чашки. Металл последней может быть в одну тридцать вторую или даже одну шестьдесят четвертую дюйма толщиной, и в таком случае центральную часть можно быть утоньшить с помощью зенковки около одной четвертой дюйма диаметром, до тех пор, пока это возможно без разрыва листа. Дальнейшее утоньшение можно после этого сделать вручную с помощью скребка, шабера; и наконец, металл следует аккуратно отбить, чтобы гарантированно закрыть все поры, которые могут давать медленную утечку. Вместо обработки подобным образом я использовал чашку с дыркой в центре, которую я закрывал листом чистого алюминия толщиной в несколько тысячных дюйма, приклепанный к чашке с помощью шайбы из толстого металла, но результат был не вполне удовлетворительный.

При скоблении чашки я использовал такой метод: Трубка закрепляется на насосе в нужном положении и откачивается до достижения постоянных условий. Степень откачки является мерой совершенства стыка. Утечка обычно значительная, но это не настолько серьезный недостаток, как можно подумать. Теперь к трубке постепенно подается тепло с помощью газовой горелки, пока температура не поднимется примерно до точки кипения сургуча. Тогда пространство между чашкой и стеклом заполняется качественным сургучом; и, когда последний начинает кипеть, температура понижается, чтобы дать ему запаять полость. После этого тепло опять увеличивается, и этот процесс нагревания и охлаждения повторяется несколько раз, пока вся полость, после снижения температуры, не станет равномерно заполнена сургучом, чтобы все пузырьки исчезли. После этого еще немного сургуча кладется сверху, и производится откачка в течение часа или около того, в зависимости от мощности насоса, при умеренном нагреве намного ниже точки плавления сургуча..

Трубка, приготовленная таким образом, будет очень хорошо держать вакуум, и будет служить бесконечно. Если ее несколько месяцев не использовать, она может постепенно потерять высокий вакуум, но его можно быстро восстановить. Однако, если после длительного использования станет необходимо почистить трубку, это легко сделать, аккуратно нагрев ее и сияв чашку. Очистку можно сначала производить кислотой, затем сильно разведенной щелочь,

потом дистиллированной водой, и наконец чистым ректифицированным алкоголем.

Эти трубки, когда их правильно подготовишь, дают гораздо более четкие отпечатки и сохраняют гораздо больше подробностей, чем обычно изготовленые трубки. Для ясности отпечатков важно, чтобы электрод имел правильную форму, и чтобы фокус находился точно в центре чашки или немного внутри. При вставлении чашки расстояние от электрода следует измерять настолько точно, насколько это возможно. Нужно также заметить, что чем тоньше окно, тем резче отпечатки, но не рекомендуется делать его слишком тонким, поскольку оно может проплавиться при включении тока.

Эти трубки дают не только преимущества, перечисленные выше. Они также лучше подходят Для целей врачебного обследования, особенно при использовании их особым образом, проиллюстрированным на схемах Рис. 3 и Рис. 4, которые понятны без объяснений. Как можно видеть, в каждой из них чашка соединена с землей. Это решительно уменьшает вредоносное воздействие и позволяет также делать отпечатки с очень короткими экспозициями всего в несколько секунд на коротком расстоянии, постольку, поскольку в ходе работы лампы можно легко трогать чашку без какого-либо дискомфорта, благодаря заземлению. Схема, показанная на Рис. 4, особенно выигрышна с системой с одним контактом, каковую катушку я описывал по другим поводам и которая показана схематически, где *P* —это первичная, а S —вторичная обмотки. В данном случае контакт высокого напряжения соединяется с электродом, а чашка заземляется. Трубку можно размещать как показано на рисунке, под операционным столом, и довольно близко или даже в контакте с телом пациента, если отпечатки требуют всего нескольких секунд, как, например, в случае исследования частей органов. Я получил множество отпечатков с помощью таких трубок и не наблюдал никаких вредных воздействий, но я бы советовал не делать экспозиций дольше чем две или три минуты на очень коротких расстояниях. В этом отношении экспериментатору следует держать в уме, сказанное мной в предыдущих сообщениях. При любых обстоятельствах обязательно, чтобы при работе вышеописанным способом соблюдалась дополнительная безопасность и снятие отпечатков было ускорено. Для охлаждения чашки можно применять струю воздуха, как говорилось ранее, или же после снятия каждого отпечатка можно наливать в чашку небольшое количество воды. Вода лишь незначительно ухудшает работу трубки, поддерживая при этом окно при безопасной температуре. Я могу добавить, что трубки можно улучшить, если снабдить заднюю часть электрода металлической обкладкой C, показанной на Рис. 3 и Рис. 4.

О ПРЕРЫВАТЕЛЯХ ТОКА*

Чтобы разжечь пыл ревностных экспериментаторов, которые верят в революционность этого открытия, может быть, стоит предложить одно или два простых устройства для прерывания тока. Например, очень примитивное приспособление такого рода состоит из кочерги — да, обычной кочерги, соединенной гибким кабелем с одной из клемм генератора, и ванной, наполненной проводящей жидкостью, которая соединена подходящим способом, через первичную обмотку индукционной катушки, с другим полюсом генератора. Когда экспериментатор хочет получить Рентгеновское изображение, он доводит конец кочерги до белого каления, и, когда он резко погрузит его в ванную, он станет свидетелем удивительного явления, кипящая и бурлящая вода, быстрой включающая и прерывающая ток, и мощные сгенерированные лучи, которые сразу убедят его в огромной практической ценности этого открытия. Я мог бы кроме того добавить, что нагревать кочергу удобно с помощью машины для сварки.

Другой прибор, полностью автоматический, и вероятно подходящий для применения в пригородных районах, состоит из двух изолированных металлических пластин, поддерживаемых любым удобным способом, расположенных очень близко друг к другу. Эти пластины подсоединены через первичную обмотку индукционной катушки к выводам генератора, и зашунтированы двумя подвижными контактами, соединенных гибким кабелем. Эти два контакта оба прикреплены к ногам крупной, с собаку размером курицы, стоящей раздвинув ноги, как бы верхом, на пластинах. Когда к последним подается тепло, в ногах курицы порождаются мускулаторные сокращения, которая тем самым включает и выключает ток через индукционную катушки. Можно взять любое количество таких кур и контактов, подключенных последовательно или параллельно, и увеличить тем самым частоту импульсов до куда нужно. Таким способом можно получать сильные искры, для большинства целей подходящие, и работать с вакуумными трубками. Вы обнаружите, что данные приспособления оказываются весьма примечательным усовершенствованием по сравнению со старыми прерывателями тока, с которыми два главных редактора принялись несколько лет назад революционизировать системы электрического освещения. Главные редакторы теперь стали мудрее. Их стоит поздравить, и их читателей, научные общества и профессионалов, всех их надо поздравить, — и "все хорошо, что хорошо кончается". Наблюдательный экспериментатор не преминет заметить, что большие искры пугают кур, у которых из-за это начинаются еще более интенсивные спазмы и мускулаторные сокращения, что в свою очередь еще больше усиливает искры, которые, в свою очередь, вызывают еще более сильный страх у кур и увеличивают скорость прерываний; на самом деле, это, как сказал Киплинг:

"Interdependence absolute, foreseen, ordained, decreed,
To work, ye 'll note, at any tilt an 'every rate o 'speed,"

Но возвращаясь, со всей серьезностью, к описанному "электролитическому прерывателю", это прибор, с которым я очень близко познакомился, проведя с таким обширные эксперименты два

---

* Electrical Review, March 15, 1899.

\) *Р. Киплинг, «Гимн Мак-Эндрю»*

Взаимосвязь во всем, закон, как запись на роду,
Работать всякой качке при и на любом ходу.

(п.п.п.)

или три года назад. Это было одно из устройств, которые я изобрел в попытках получить экономичное приспособление такого рода. Название на самом деле не соответствует, постольку поскольку может применяться любая жидкость, проводящая или сделанная таковой любым способом, например, растворением кислоты или щелочи, или путем нагревания. Я даже обнаружил, что можно при определенных условиях работать и со ртутью. Устройство чрезвычайно просто, но огромная потеря энергии, сопровождающая его работу, и определенные другие недостатки делают его полностью непригодным для любой стоящей, практической цели, и уж раз эти обстоятельства затронуты, для тех, в которых требуется малое количество энергии, гораздо лучшие результаты получаются от соответствующим образом сконструированного механического прерывателя цепи. Экспериментаторов очень часто сбивает с толку, когда они обнаруживают, что индукционная катушка дает более длинные искры, когда это устройство вставляется вместо обычного прерывателя, но дело в том, что это происходит главным образом из-за того, что прерыватель не сделан как надо. Из совокупной энергии, идущей с клемм, едва ли можно получать и одну четверть от того количества, которое правильно сконструированный прерыватель дает во вторичной цепи, и хотя я собирал много разных улучшенных видов, я обнаружил, что существенно увеличить экономию невозможно. Но два усовершенствования, тем не менее, которые как я выяснил в то время, делать необходимо, я могу упомянуть для пользы тех, кто применяет это устройство. Как легко можно заметить, маленький контакт окружен газовым пузырем, в котором и образуются, обычно нерегулярным образом, включения и выключения, жидкостью, которая устремляется к контакту в какой-нибудь точке. Сила, движущая жидкость, — это, как очевидно, давление столба жидкости, и увеличение любым способом давления жидкости жидкость будет устремляться к контакту с большей скоростью и частота таким образом вырастет. Другое необходимое улучшение состояло в том, чтобы принять меры, препятствующие выходу кислоты или щелочи в атмосферу, что всегда в той или иной мере происходит, даже если столб жидкости достаточно высок. Во время моих ранних экспериментов с этим устройством я так заинтересовался этим, что пренебрег этой предосторожностью, и я заметил, что кислота оказала разъедающее воздействие на все оборудование в моей лаборатории. Экспериментатор легко выполнить оба этих усовершенствования взяв длинную стеклянную трубу, скажем, от шести до восьми футов длиной, и разместив прерывающее устройство вблизи дна трубы, с отводом для периодического долива жидкости. Высокий столб не даст испарениям просачиваться в атмосферу комнаты, а увеличенное давление заметно повысит эффективность работы. Если столб жидкости будет, скажем, в девять раз выше, то сила, толкающая жидкость к контакту, будет в девять раз больше, и эта сила может, при тех же условиях, двигать жидкость в три раза быстрее, откуда частота вырастет в том же отношении, а на самом деле в большем отношении, поскольку газовый пузырь, будучи сжат, станет меньше, и жидкости придется проделывать меньший путь. Электрод, конечно же, должен быть очень мал, чтобы процесс был регулярным, и использовать платину не обязательно. Давление, при этом, можно увеличить и другими путями, и я получал некоторые интересные результаты в экспериментах этого рода. Как указывалось выше, это устройство очень неэкономичное, и хотя в некоторых случаях использовать его можно, я считаю, что практическая ценность его невелика или отсутствует. Мне будет приятно убедиться в обратном, но я не думаю, что ошибаюсь. Мои основные причины для этого утверждения таковы, что есть много других способов, которыми можно получать лучшие результаты при помощи столь же, если не более, простых устройств. Одно я могу упомянуть здесь, оно основано на другом принципе, который несравненно более эффективен, но более эффективно и при этом в целом проще. Оно состоит из тонкой струи проводящей жидкости, которую заставляют вытекать с нужной скоростью из насадки, соединенной с одним полюсом генератора, через первичную цепь индукционной катушки, на другой контакт генератора, находящийся на небольшом расстоянии. Это устройство дает разряды с замечательной быстротой, и частота получается в разумных пределах почти любая. Я длительное время пользовался этим устройством, соединяя его с обычными катушками и с катушкой моего собственного вида, и получал результаты во всех отношениях намного превосходящие те, что можно получить с тем типом устройства, который обсуждался до этого.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛЯТОРЫ*

Мало было открыто таких областей, которые оказались столь урожайными как токи высокой частоты. Их необыкновенные свойства и эффектность демонстрируемых ими явлений сразу же вызвали всеобщее внимание. Научные люди заинтересовались исследованием их, инженеры были привлечены их коммерческими возможностями, а врачи увидели в них долгожданные средства для действенного лечения телесных болезней. Со времен публикации моих первых исследований в 1891 сотни томов были написаны по этому предмету, и множество неоценимых результатов получено с помощью этого нового фактора. Эта область находится еще только во младенчестве, будущее хранит несравненно большее.

С самого начала я чувствовал необходимость сделать эффективный аппарат, отвечающий быстро растущим потребностям, и в течение восьми лет после моих первых сообщений я разработал не меньше пятидесяти типов этих трансформаторов или электрических осцилляторов, каждый из которых был законченным во всех подробностях и усовершенствован до такой степени, что я не смог бы сколько-нибудь существенно улучшить ни один из них сегодня. Если бы мной двигали практические соображения, я мог бы создать большой и прибыльный бизнес, параллельно оказывая всему миру важную услугу. Но сила обстоятельств и постоянно растущие перспективы еще больших достижений обратили мои усилия в другом направлении. И получается так, что скоро на рынок выйдут инструменты, которые, как это ни странно, были полностью завершены двадцать лет назад!

Эти осцилляторы предназначались специально для работы с постоянными и переменными осветительными цепями и для генерации затухающих и незатухающих осцилляции или токов любой частоты, объема и напряжения в широчайших пределах. Они компактны, автономны, не требуют никакого обслуживания в течение длительных периодов времени и оказываются очень удобными и полезными для таких разнообразных целей, как беспроводная телеграфия и телефония; преобразование электрической энергии; получение химических соединений путем сплавления и соединения; синтез газов; производство озона; освещение; сварка; муниципальная, больничная и бытовая санитария и стерилизация, и множество других применений в научных лабораториях и промышленных организациях. Хотя эти трансформаторы никогда ранее не описывались, общие принципы, лежащие в их основе, были полностью изложены в моих печатных статьях и патентах, в особенности за 22 Сентября 1896, и думается поэтому, что прилагаемые фотографии нескольких типов вместе с кратким объяснением дадут всю необходимую информацию.

Существенными частями такого осциллятора являются: конденсатор, катушка самоиндукции для зарядки его до высокого потенциала, контроллер цепи, и трансформатор, который возбуждается осцилляторными разрядами конденсатора. В нем есть по меньшей мере

* Electrical Experimenter, July 1919.

три, а обычно четыре, пять или шесть, согласованных цепей и регулировка, исполняемая несколькими способами, наиболее часто просто с помощью регулировочного винта. При благоприятных обстоятельствах достижима эффективность до 85%, то есть, такой процент подаваемой энергии можно получить во вторичной обмотке трансформатора. Хотя главное достоинство этого рода аппаратов очевидно обусловлено удивительными свойствами конденсатора, особые положительные характеристики достигаются в результате сочетания цепей с соблюдением правильных гармонических отношений и минимизации потерь на трение и других потерь, что и было одной из главных целей конструкции.

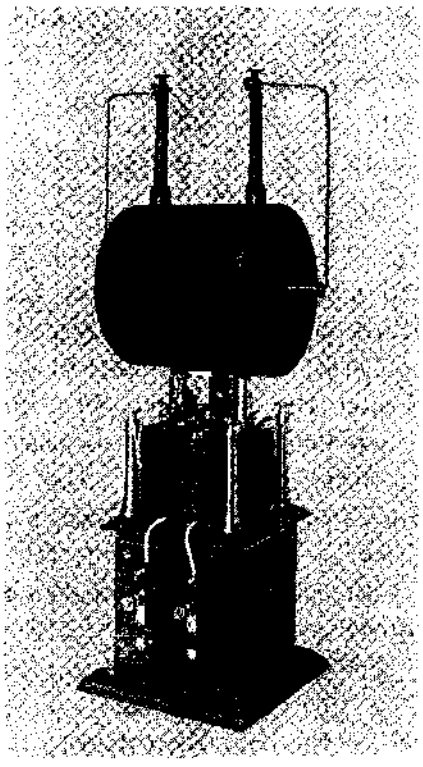


Рис. 1.

В целом, приборы эти можно разделить на два класса: один, в котором контроллер цепи содержит твердые контакты, и другой, в котором замыкание и размыкание производится ртутью. Рисунки с 1 по 8 включительно относятся к первому, а оставшиеся — ко второму классу. Первые дают заметно бо́льшую эффективность из-за того факта, что сопутствующие потери при замыкании и размыкании сведены к минимуму и резистентная составляющая коэффициента затухания очень мала. Вторые предпочтительны для тех целей, где важно получение большего выхода и большего количества прерываний в секунду. Работа мотора и конечно контроллера цепи потребляет определенное количество энергии, которое, однако, становится все менее значимым с ростом мощности машины.

На Рис. 1 показана одна из самых ранних форм осциллятора, сконструированная для экспериментальных целей. Конденсатор содержится в квадратном ящике из красного дерева, на которой смонтированы самоиндукционная или зарядная катушка намотанная, как будет показано, в два секции соединенные параллельно или последовательно, в зависимости от того, какое напряжение в подающей сети, ПО или 220 вольт. Из коробочки торчат четыре латунных колонны, которые поддерживают пластину с

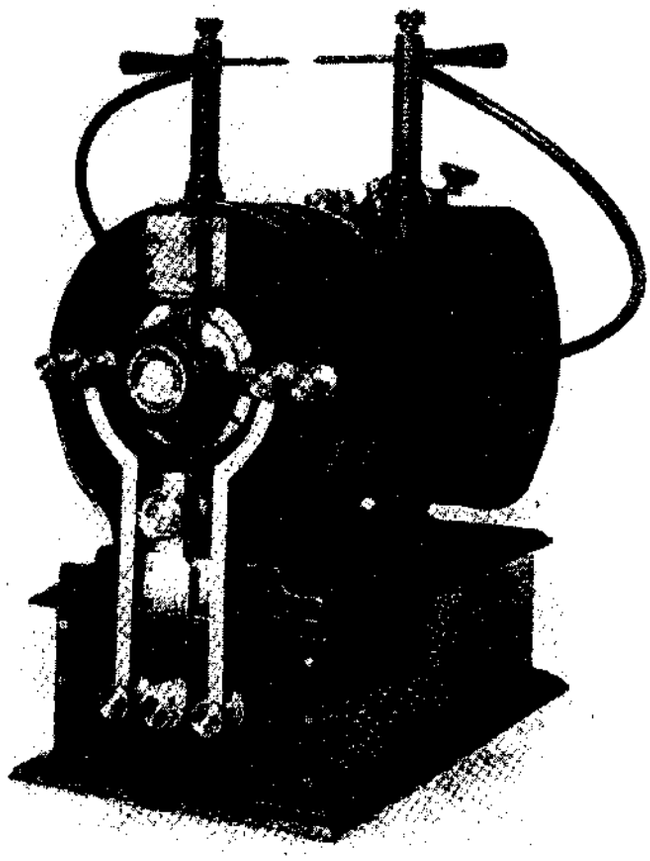


Рис. 2.

пружинными контактами и регулировочными винтами, а также две массивные клеммы для подключения к первичной обмотке трансформатора. Две из этих колонн служат в качестве контактов конденсатора, а пара других соединяют клеммы выключателя спереди от катушки самоиндукции с конденсатором. Первичная обмотка состоит из нескольких витков медной полосы, к концам которой припаяны короткие штыри, входящие в соответствующие клеммы. Вторичная сделана из двух частей, намотанных так, чтобы насколько возможно уменьшить распределенную емкость и в то же время обеспечить, чтобы катушка выдерживала очень высокое напряжение между ее клеммами в центре, которые соединены с пружинными контактами на двух резиновых колоннах, выступающих из первичной обмотки. Соединения цепи могут слегка варьироваться, но обычное их устройство схематически показано в Electrical Experimenter за Май на странице 89, и относится к моему осцилляторному трансформатору, фотография которого приведена на странице 16 в том же номере. Работа его проходит

следующим образом: Когда выключатель включается рубильник, ток из цепи питания устремляется через катушку самоиндукции, примагничивая железный сердечник внутри и рассоединяя контакты контроллера. После этого индуцированный ток высокого напряжения заряжает конденсатор, и после замыкания контактов аккумулированная энергия высвобождается через первичную обмотку, вызывая нарастание длинной последовательности осцилляции, которые возбуждают согласованную вторичную цепь.

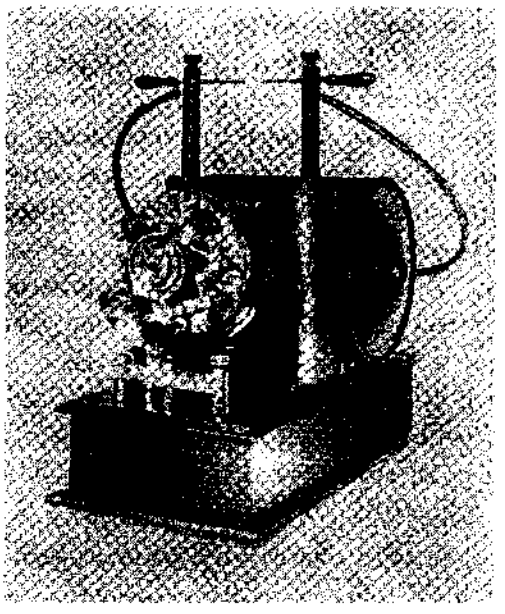


Рис. 3.

Устройство показало себя весьма работоспособным при проведении лабораторных экспериментов всех видов. Например, при изучении явления импеданса трансформатор был убран и в клеммы был вставлен согнутый медный прут. Он часто заменялся большой кольцевой петлей для демонстрации индуктивного эффекта на расстоянии или для возбуждения резонансных цепей в различных исследованиях и измерениях. Трансформатор, подходящий для любого желаемого эксперимента, можно легко сымпровизировать и подключить к клеммам, и таким образом было сэкономлено много времени и труда. Вопреки тому, что было бы естественно ожидать, с контактами возникало довольно мало проблем, хотя токи через них были чрезвычайно сильные, так как, при наличии соответствующих условий резонанса, большой поток возникает только когда цепь замкнута, и никаких разрушительных дуг развиться не может. Изначально я использовал платиновые и иридиевые концы, но потом заменил их на meteorite и в конце концов на вольфрам. Последний вариант удовлетворял наилучшим образом, обеспечивая работу в течение многих часов и дней без прерываний.

Рис. 2 показывает небольшой осциллятор, разработанный для определенных научных целей. Основополагающая идея состояла в том, чтобы добиться огромной производительности в течение кратковременных интервалов, после каждого из которых следует сравнительно длинный период бездействия. С этой целью использовались большая катушка самоиндукции и быстродействующий прерыватель, и вследствие такой конструкции конденсатор заряжался до очень высокого потенциала. Были получены внезапные вторичные токи и искры большого объема, особенно подходящие для сварки тонких проводов, вспышек ламп накаливания или сваривания нити ламп-вспышек, зажигания взрывчатых смесей и прочих подобных прикладных

целей. Этот прибор был также адаптирован для работы от батареи, и в этом виде был очень эффективным воспламенитель для газовых двигателей, на что патент за номером 609,250 и был получен мной 16 Августа 1893.

На Рис. 3 представлен большой осциллятор первого класса, предназначенный для беспроводных экспериментов, получения Рентгеновских лучей и научных исследований в целом. Он состоит из коробки, содержащей два конденсатора одинаковой емкости, на которой поддерживаются зарядная катушка и трансформатор. Автоматический контроллер цепи,

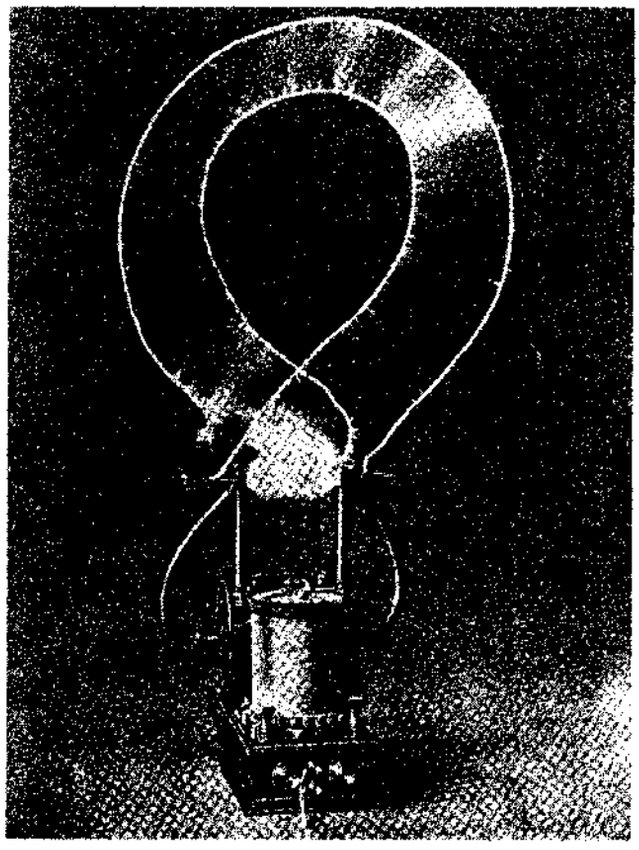


Рис. 4.

ручной выключатель и соединительные клеммы смонтированы на передней пластине бобины индукционной катушки, как и одна из контактных пружин. Конденсаторная коробка снабжена тремя контактами, из которых два внешних служат просто для подключения, а средний поддерживает контактную пластину с винтом для регулировки интервала, в течение которого цепь замкнута. Сама вибрирующая пружина, единственная функция которой — вызывать периодические прерывания, может быть отрегулирована по своей силе как и по расстоянию от железного сердечника в центре зарядной катушки четырьмя винтами, видимых на верхней пластине, так что обеспечиваются любые желаемые условия механического управления. Первичная катушка трансформатора сделана из медного листа, и подключения сделаны в точках, удобных для целей произвольного варьирования числа витков. Как на Рис. 1

индукционная катушка намотана в две секции **для** адаптации прибора как для цепей на 110, так и на 220 вольт, а сделано несколько вторичных обмоток для согласования различных длин волн первичной. Выход был примерно 500 ватт с затухающими волнами примерно 50,000 циклов в секунду. На короткие периоды времени получались незатухающие осцилляции путем подвинчивания вибрационной пружины туго к железному сердечнику и разделения контактов с

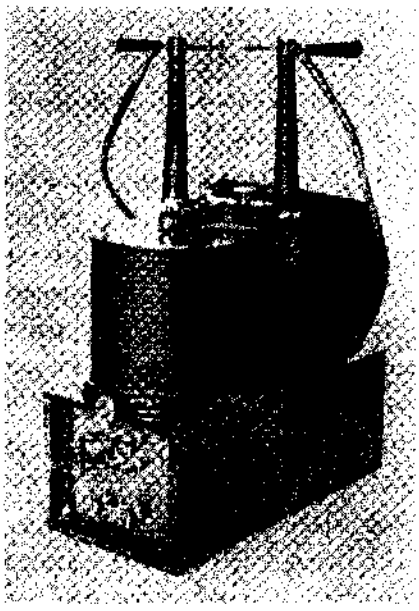


Рис. 5.

помощью регулировочного винта, *который также исполняет функцию ключа.* С этим осциллятором я провел большое количество важных исследований и он был одной из машин, которые демонстрировались на лекции перед Нью Йоркской Академией Наук в 1897.

Рис. 4 — это фотография трансформатора такого типа, который во всех отношениях похож на проиллюстрированный в выпуске Electrical Experimenter за Май 1919, на который уже давалась ссылка. Существенные части в нем такие же, расположены они похожим образом, но он был спроектирован для применения на питающих цепях более высокого напряжения, от 220 до 500 вольт и выше. Обычные настройки выполняются путем регулировки контактной пружины и перемещения железного сердечника внутри катушки индуктивности вверх и вниз с помощью двух винтов. Для предотвращения повреждений в результате короткого замыкания в провода вставлены плавкие предохранители. Прибор сфотографирован в работе, во время генерации незатухающих осцилляции от осветительной сети 220 вольт.

На Рис. 5 показана более поздняя форма трансформатора, предназначенного главным образом для того, чтобы заменить катушку Румкорфа. Для этой цели изменена первичная катушка, в ней гораздо большее количество витков, и вторичная близко с ней связана. Токи, развиваемые в последней, имеют напряжение от **10,000** до **30,000** вольт и обычно применяются для зарядки конденсаторов и работы с независимой катушкой высокой частоты. Механизм регулировки имеет несколько другую конструкцию, но, как и в предыдущем случае, можно регулировать и сердечник, и контактную пружину.

На Рис. 6 — небольшое устройство этого типа, предназначенное специально для

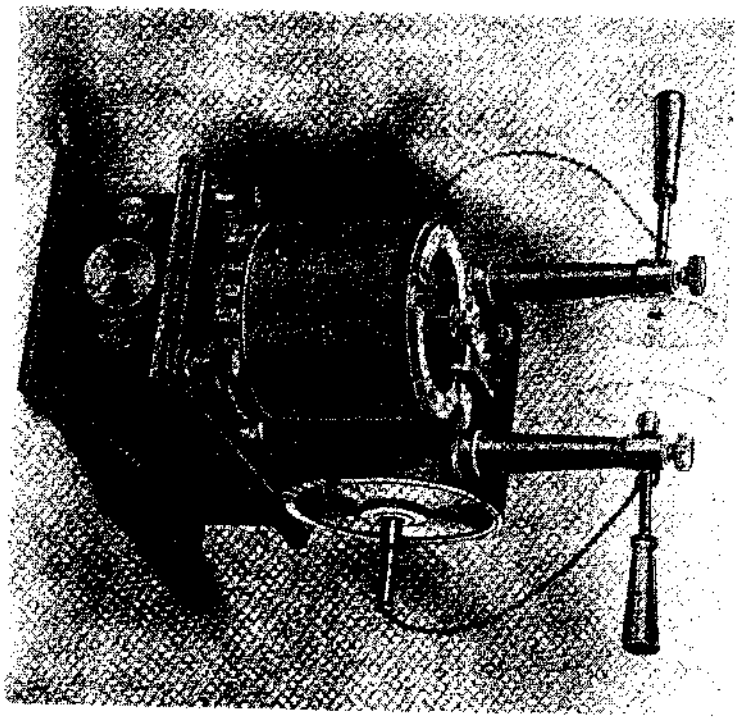


Рис. 6.

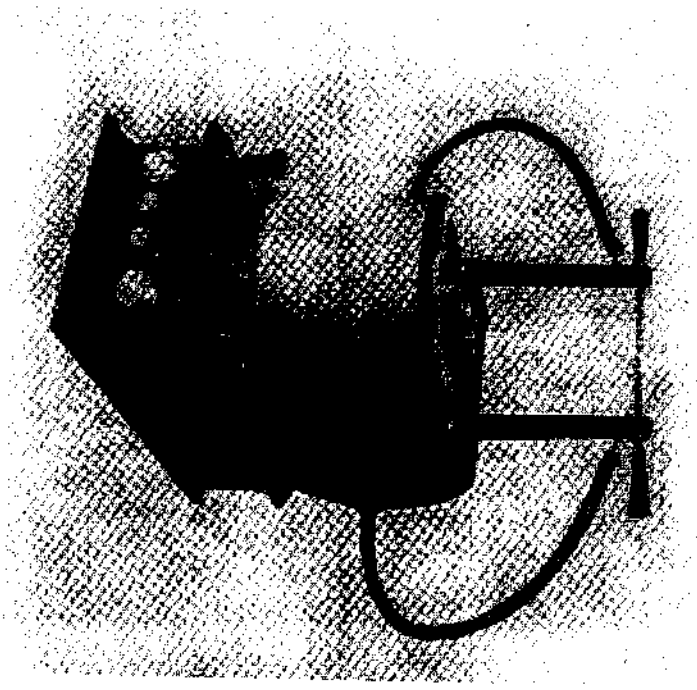


Рис. 7.

получения озона или стерилизации. Оно необыкновенно эффективно для своего размера и может подключаться к сети 110 или 220 вольт, постоянной или переменной, второе предпочтительней.

На Рис. 7 показана фотография более крупного трансформатора данного типа. Конструкция и расположение частей такое же, как и в предыдущем случае, но в ящике находятся два конденсатора, один из которых включен в цепь как в предыдущих случаях, а второй шунтирует первичную катушку. Таким образом, в последней получаются токи огромной величины, и вторичные эффекты усиливаются соответственно. Введение дополнительной

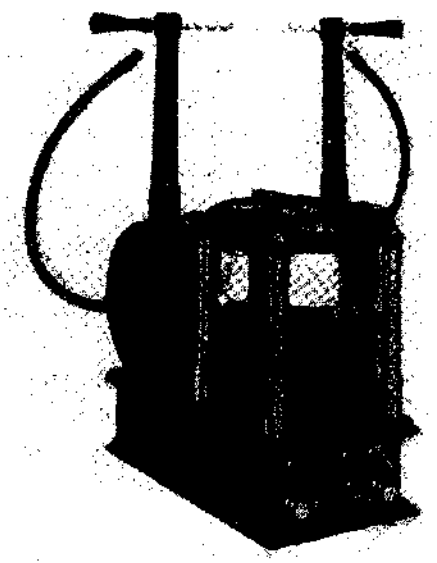


Рис. 8.

согласованной цепи дает также и другие преимущества, но регулировка усложняется, и поэтому желательно использовать такой прибор для получения токов на определенной и неизменной частоте.

Рис. 8 показывает трансформатор с вращающимся прерывателем. В ящике находятся два конденсатора одинаковой емкости, которые можно соединять последовательно и параллельно. Зарядные индуктивности сделаны в виде двух длинных катушек, сверху которых размещаются вторичные клеммы. Небольшой мотор постоянного тока, скорость которого можно менять в широких пределах, используется как привод для прерывателя специальной конструкции. В остальном осциллятор подобен показанному на Рис. 3 и его работу легко можно будет понять из вышеупомянутого. Этот трансформатор применялся в моих беспроводных экспериментах, а также нередко для освещения лаборатории с помощью моих вакуумных трубок и демонстрировался в ходе моей лекции перед Нью Йоркской Академией Наук в 1897, упоминавшейся выше. Перейдем теперь к машинам второго класса. На Рис. 9 показан осцилляторный трансформатор, состоящий из конденсатора и зарядной индуктивности, помещенных в ящик, трансформатора и ртутного контроллера цепи, конструкция которого впервые описана в моем патенте No. 609,251 от 16 Августа 1898. Он состоит приводимого в движение мотором пустотелого шкива, содержащего небольшое количество ртути, которую центробежной силой несет наружу к стенкам сосуда, и она увлекает за собой контактное колесо,

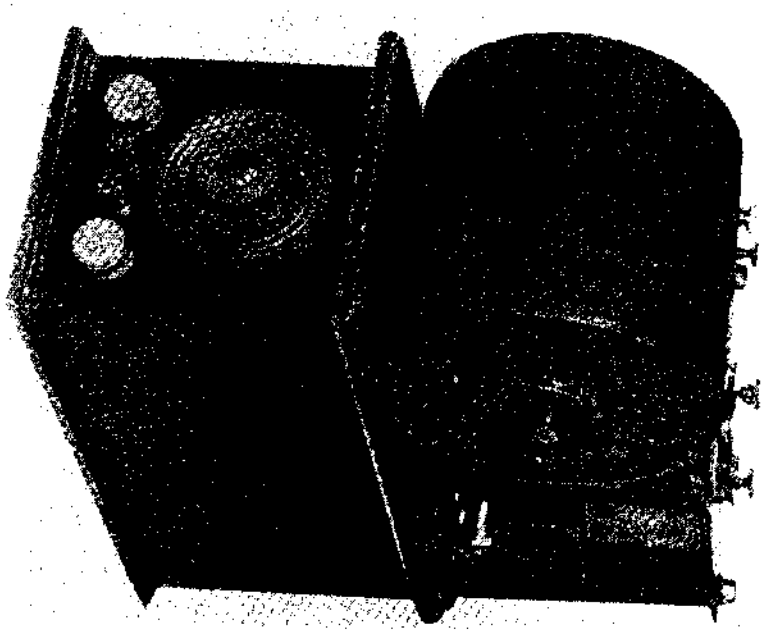


Рис. 9.

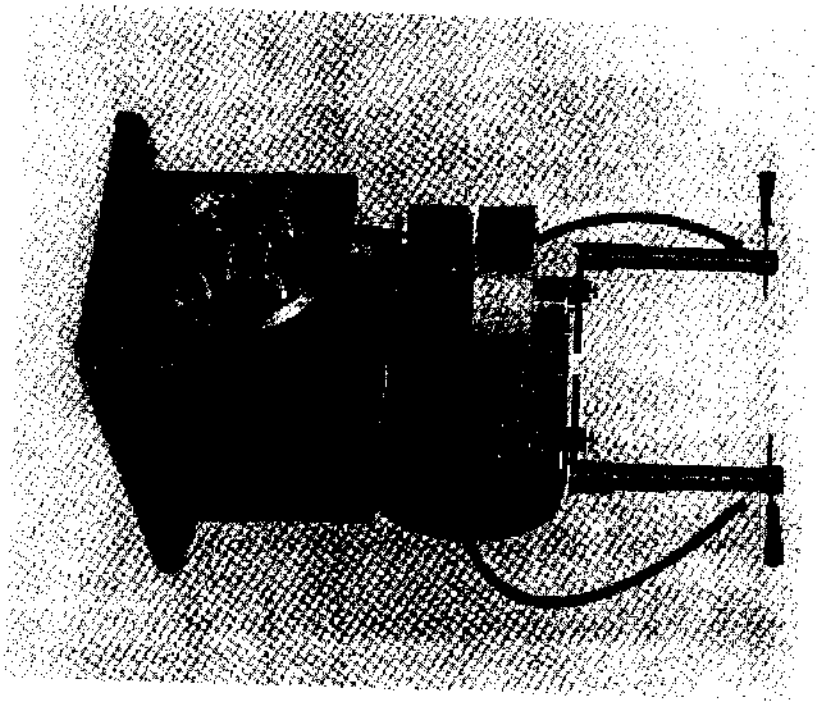


Рис. 10.

которое периодически замыкает и размыкает цепь конденсатора. С помощью регулировочных винтов, находящихся над шкивом, можно произвольно изменять глубину погружения лопаток, а следовательно и продолжительность каждого контакта, таким образом регулируются интенсивность эффектов их характеристики. Этот вид прерывателя удовлетворителен во всех отношениях при работал на токах от 20 до 25 ампер. Число прерываний обычно составляет от 500 до 1,000 в секунду, но можно работать и с более высокими частотами. Объем, занимаемый прибором, составляет 10" X 8" X 10", выход — около 1/2 kW.

В только что описанном трансформаторе прерыватель сообщается с атмосферой и происходит медленное окисление ртути. Этот недостаток преодолен в приборе, показанном на Рис. 10, который состоит из перфорированной металлической коробки, в которой находятся конденсатор и зарядная индуктивность, а сверху — мотор, приводящий в действие

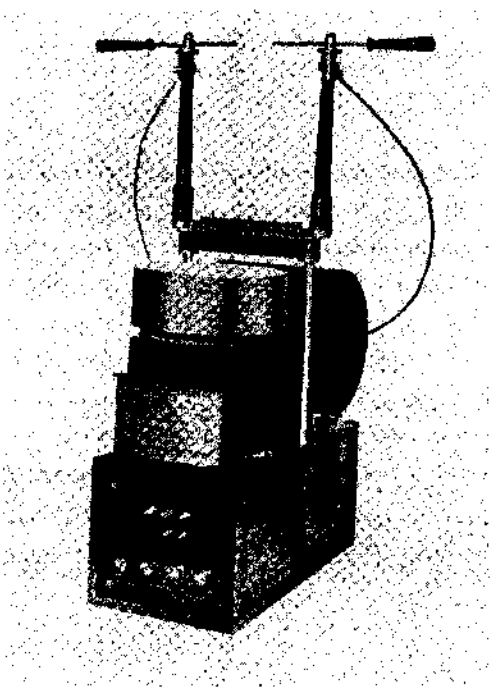


Рис. 11.

прерыватель, и трансформатор. Ртутный прерыватель относится к типу, который надо описать, и работает на принципе струи, которая периодически входит в контакт с вращающимся колесом внутри шкива. Неподвижные части находятся в сосуде на штанге, проходящей через длинный пустотелый вал мотора, и для достижения герметичного закупоривания камеры, в которой находится контроллер цепи, используется ртутный затвор. Ток подается во внутренность шкива через два скользящих кольца, которые находятся на верху и последовательно соединены с конденсатором и первичной катушкой. Предотвращение попадания кислорода — это бесспорное преимущество, потому что исключаются окисление металла и сопутствующие проблемы, и постоянно поддерживаются безукоризненные рабочие условия.

Рис. 11 — это фотография аналогичного осциллятора с герметически закрытым ртутным прерывателем. В этой машине неподвижные части прерывателя внутри шкива находятся на

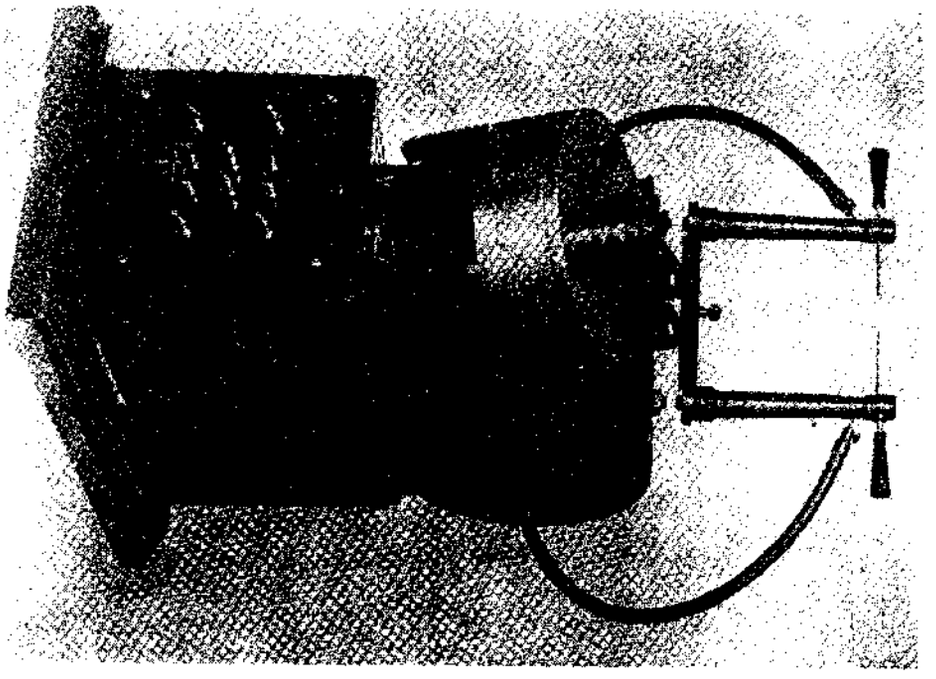


Рис. 12.

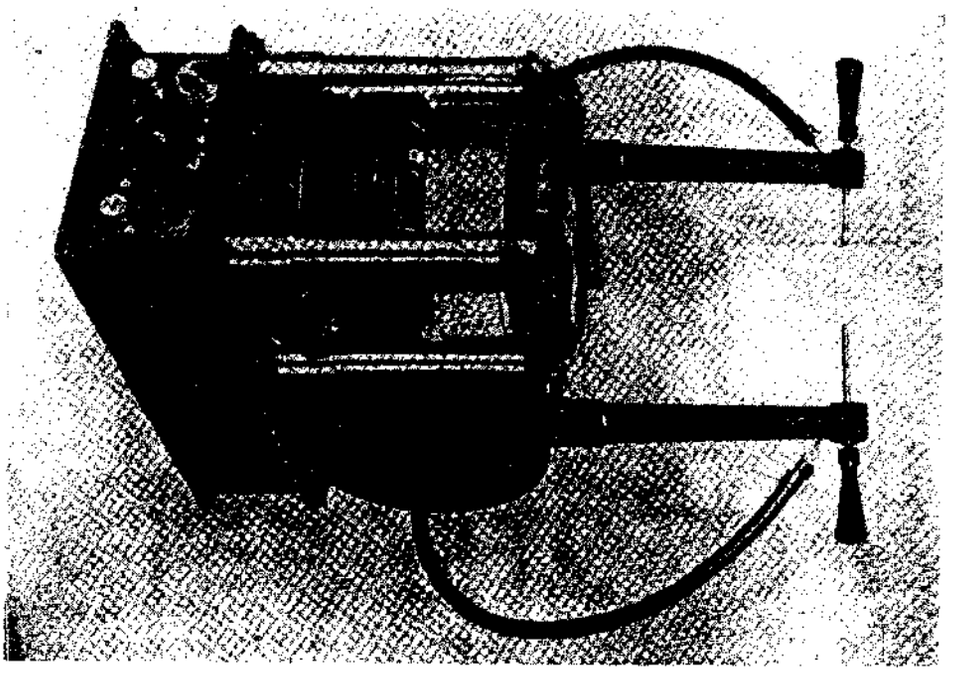


Рис. 13.

трубке, через которую проходит изолированный провод, соединенный с одним контактом прерывателя, а другой находится в контакте с сосудом. Таким образом, скользящих колец удалось избежать и конструкция упростилась. Этот прибор был разработан для осцилляций меньшего напряжения и частоты, требовал первичных токов сравнительно меньшего ампеража, и использовался для возбуждения других резонансных цепей.

Рис. 12 показывает улучшенную форму осциллятора типа описанного на Рис. 10, в котором от поддерживающей штанги через полый вал мотора избавились, и устройство, накачивающее ртуть, поддерживается в своем положении за счет силы тяжести, как будет более подробно

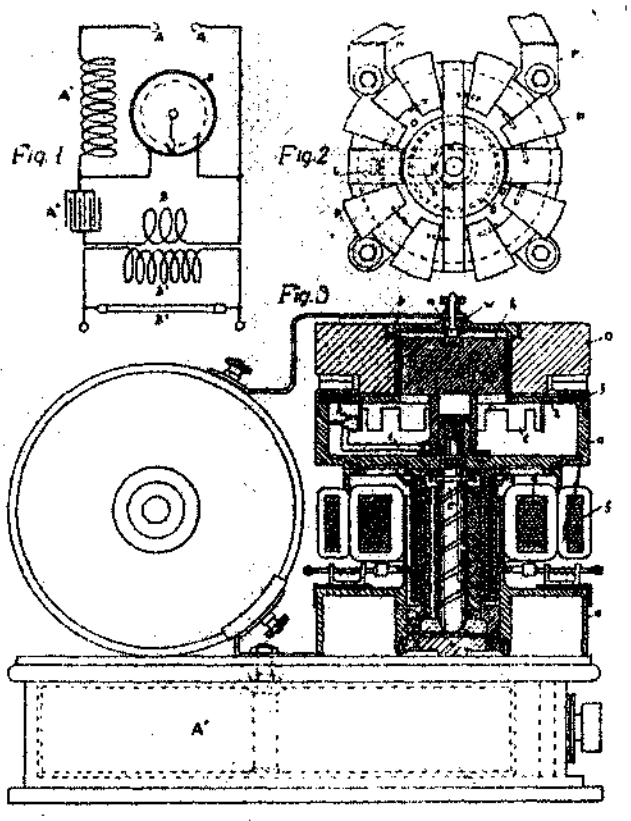


Рис. 14.

разъяснено в связи с другим рисунком. И емкость конденсатора, и первичные витки были сделаны переменными для целей получения осцилляции нескольких частот.

Рис. 13 — это фотографическое изображение другой формы осцилляторного трансформатора с герметически закрытым ртутным прерывателем, а диаграммы на Рис. 14 показывают соединения цепи и организацию частей, воспроизведенные из моего патента No. 609,245 от 15 Августа 1898, описывающего именно это устройство. Конденсатор, индуктивность, трансформатор и контроллер цепи расположены как и раньше, но последний имеет другую конструкцию, что станет ясно из рассмотрения Рис. 14. Полый шкив *a* укреплен на валу C, который установлен в вертикальном подшипнике, проходящем через постоянный магнит *d* мотора. Внутри сосуда на бесфрикционных подшипниках находится тело *h* из

магнитного материала, которое окружено колпаком b в центре пластинчатого железного кольца на полярные участки которого *00* намотаны зарядные катушки *p.* Кольцо удерживается на четырех колоннах, и, когда намагничено, удерживает тело *h* в одном положении во врем; вращения шкива. Последний изготовлен из стали, но колпак лучше делать из Немецкого

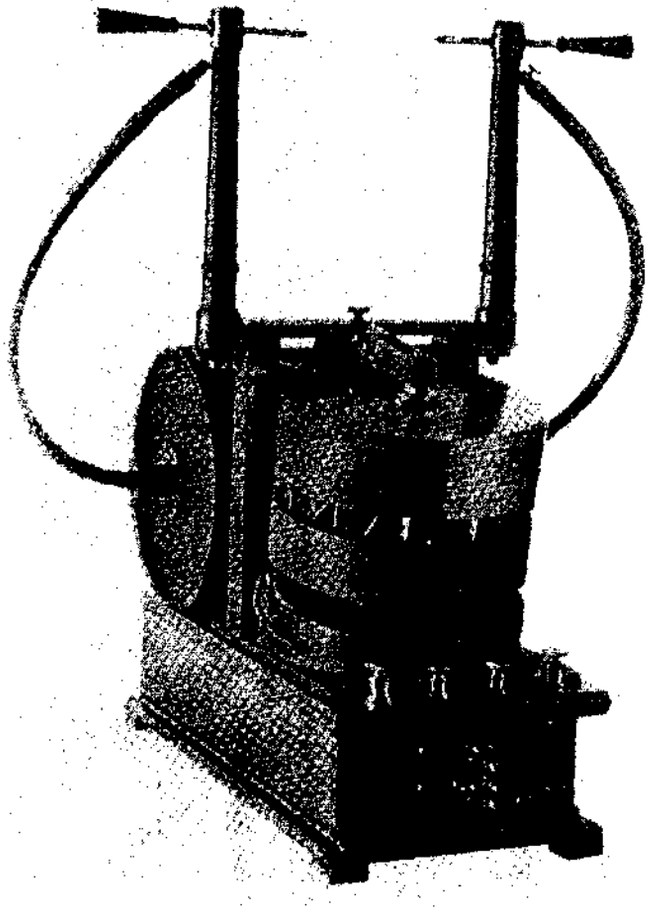


Рис. 15.

серебра, черненого кислотой, или никелированным. На теле *h* держится короткая трубка *к,* согнутая, как показано, для улавливания жидкости, когда она раскручивается, и выпускания ее на зубцы колеса, крепящегося к шкиву. Колесо показано на рисунке, контакт между ним и внешней цепью устанавливается через чашку со ртутью. Когда шкив быстро вращается, струя жидкости устремляется к колесу, тем самым устанавливая и разрывая контакт примерно 1,000 раз в секунду. Прибор работает тихо и, благодаря отсутствию окисляющихся частей, всегда остается чистым и в отличном состоянии. При этом, число прерываний в секунду может быть гораздо больше, давая токи, пригодные для беспроводной телеграфии и подобных целей.

Модифицированная форма осциллятора показана на Рис. 15 и 16, на первом из них фотографическое изображение, а на втором — схематическая иллюстрация, показывающая устройство внутренних частей контроллера. В данном случае, вал b, на котом крепится сосуд *a,* полый и поддерживает, в бесфрикционных подшипниках, шпиндель *j,* к которому крепится

вес *к*. На изогнутом кронштейне *L,* изолированном от последнего, но механически прикрепленному к нему, закреплено свободно вращающееся прерывающее колесо с выступами *QQ*. Колесо находится в электрическом контакте с внешней цепью через чашку со ртутью и изолированную втулку, крепящуюся со верхней стороны шкива. Благодаря наклонному положению мотора вес *к* удерживает прерывающее колесо в его положении за счет силы тяжести, и при вращении шкива цепь, в которую входят конденсатор и первичная катушка трансформатора, быстро замыкается и размыкается.

Рис. 17 показывает похожий прибор, в котором однако прерывающее устройство состоит из струи ртути, сталкивающейся с изолированным зубчатым колесом, держащемся на

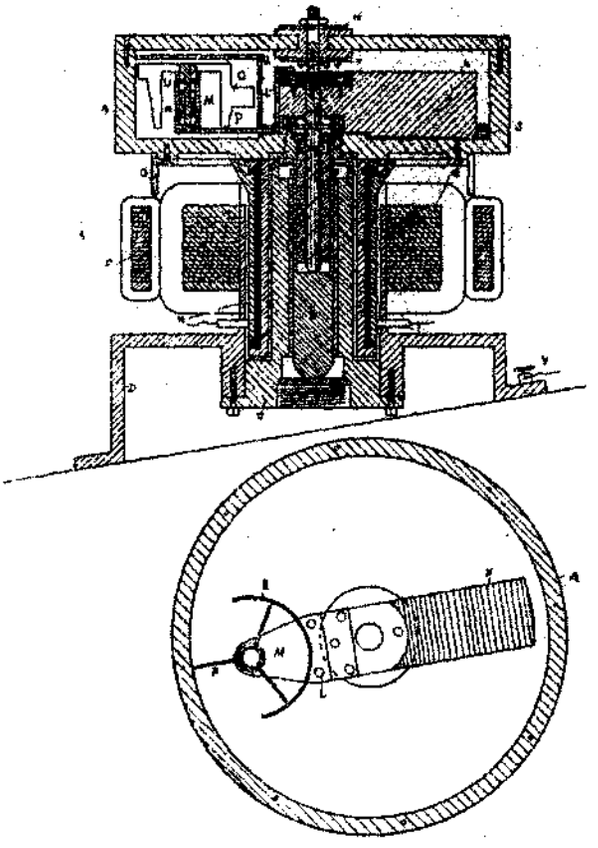


Рис. 16.

изолированном штифте в центре кожуха шкива, как показано. Соединение с цепью конденсатора идет через щетки, держащиеся на этом штифте.

Рис. 18 — фотография другого трансформатора с ртутным контроллером цепи колесного типа, в модифицированного некоторых отношениях, распространяться о которых надобности нет.

Это только лишь немногие из осцилляторных трансформаторов, которые я построил, и которые составляют только малую часть моих высокочастотных приборов, которым я надеюсь дать полное описание когда-нибудь в будущем, когда освобожусь от неотложной работы.

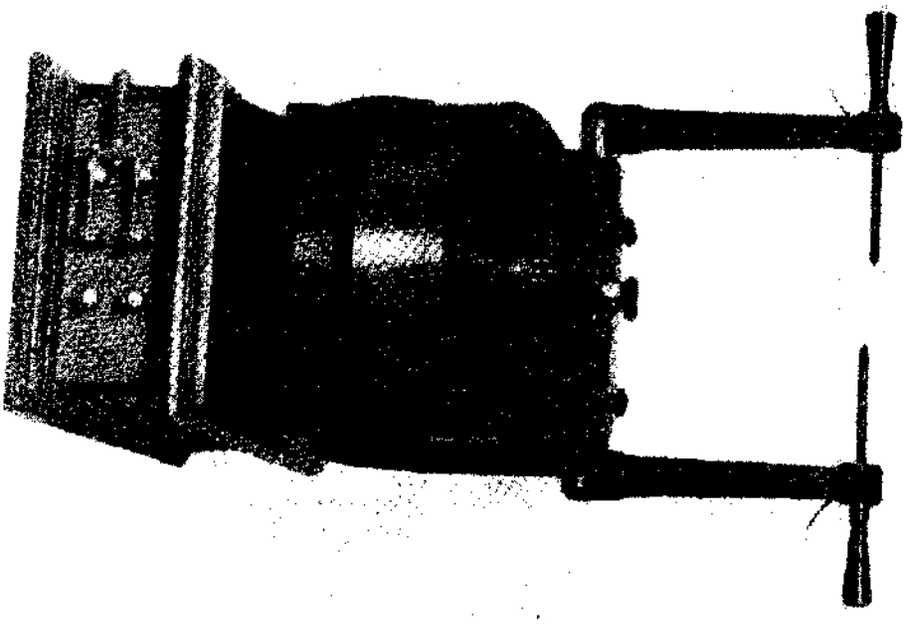


Рис. 17.

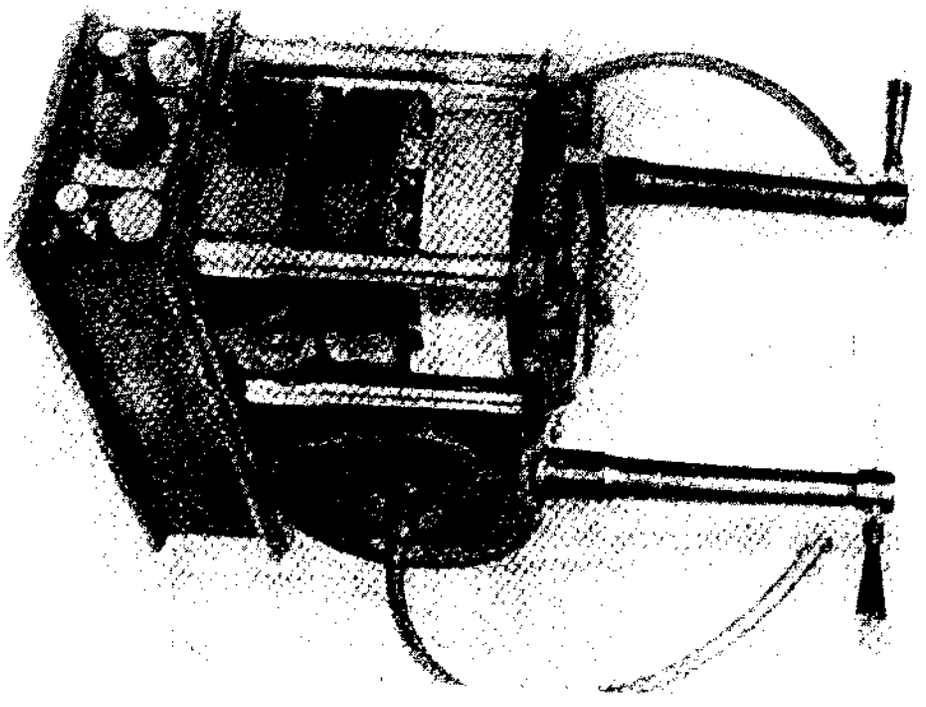


Рис. 18.

ДОСТИЖЕНИЯ В ПРАКТИКЕ И ИСКУССТВЕ ТЕЛЕФОТОГРАФИИ*

Последние успешные эксперименты Эдуарда Белена из Парижа в передаче фотографий между Нью Йорком и Сент Луисом, на расстояние 1000 миль, конечно оживили интерес к этой довольно старой области науки. Прибор М-ра Белена был изучен с учетом прошлых усилий в данном направлении, и следует признать, что Французский изобретатель достиг выдающегося усовершенствования. Хотя его аппарат во многих отношениях старый и хорошо известный, но все детали разработаны мастерски, и его фотографические репродукции — не просто хорошие подобия оригиналов, они в немалой степени выразительны. Подобно другим областям деятельности, передача фотографий на расстояние достигла своего нынешнего уровня, совершенства пройдя путем медленных и постепенных улучшений, достигнутых в результате ее 77 *-ми* летнего развития. Литература по этому предмету достаточно обширна и подробно изучить ее достаточно сложно, поскольку статьи опубликованы на разных языках и разбросаны по огромному количеству периодических изданий. Лишь одна полная и исчерпывающая (работа была опубликована в Германии Д-ром Артуром Корном из Мюнхена и Д-ром Бруно Глатцелом.

ПЕРВЫЕ ПАТЕНТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МНОГО ЛЕТ НАЗАД

Первоначально идея принадлежит Александру Бэйну, Шотландскому механику, который получил Британский патент на изобретение в 1843. Его план предполагал передачу печатных писем, чертежей и рисунков следующим образом: На передающей станции находился держатель с изолированными металлическими остриями, сделанный так, чтобы скользить по направляющим над рамкой, покоящейся поверх печатной страницы, которая должна передаваться на расстояние. Внутри этой рамки и под прямым углом к ее плоскости находится большое количество коротких проводков, заделанных в сургуч. Их нижние концы находятся в контакте с литерами, которые в свою очередь все соединены электрически. Когда держатель движется назад и вперед, замыкается и размыкается контакт между изолированными остриями и верхними концами коротких проводков, тем самым управляя течением тока через них. Каждое металлическое острие было соединено отдельным проводом с получающей станцией, где находился аналогичный держатель, скользящий над химически подготовленной бумагой, лежащей на заземленной металлической пластине. Когда батарея на передающем конце одним из своих полюсов подключалась к литерам, а другим к земле, импульсы тока, через провода линии и химическую бумагу вызывали изменение цвета последней, тем самым воспроизводя символы. Чтобы получить удовлетворительные результаты, требовалось огромное количество проводов в линии и остриев, и понимая это, Бэйн предложил ограничиться только одним проводом, но не дал относительно этого полной информации. Далее Боннелли и другие изобретатели делали усовершенствования в его приборе, уменьшая количество проводов до, всего лишь нескольких. Несомненно, несмотря на явную незрелость системы, она вполне могла иметь коммерческое применение для передачи печатного текста, чертежей и рисунков, и могла оказаться полезной.

---

* Electrical Review, Dec. 11, 1920.

Первый практический успех было достигнут англичанином, Фредериком Коллиером Бэйквеллом, который получил Британский патент на процесс, некоторые особенности которого оказались важными в последующие годы. Он использовал в качестве передатчика цилиндр, на котором буквы были написаны изолирующими чернилами. Металлическое острие касалось цилиндра и слабо смещалось с каждым поворотом последнего точно так же, как в фонографе старого образца. Аналогичный цилиндр, покрытый химической бумагой и снабженный скользящим острием, находился на принимающей станции. Цилиндры были заземлены и в линии, соединяющий передающее и принимающее острия, была поставлена батарея. Течение тока вызывало обесцвечивание бумаги и воспроизведение написанных букв на принимающем конце. Учитывая то время, аппарат Бэйквелла был удивительно совершенен, особенно в поддержании синхронности вращения цилиндров, для чего использовалась и автоматическая, и ручная коррекция. Между Бэйквеллом и Бэйном разгорелся спор за славу первенства, но в этом отношении ошибки возникнуть не могло. Бэйн был автором идеи, тогда как Бэйквелл был первым, кто успешно ее воплотил.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ БУМАГИ ПРИЗНАНО НЕПРАКТИЧНЫМ

Использование химической бумаги было признано неудобным, и в 1851 Хипп избавился от нее, получая отпечатки на приемнике с помощью магнита, приводимого в действие передаваемыми импульсами. Любопытно при этом отметить, что современная технология полностью основывается именно на этом устройстве. В 1855 Касселли модифицировал аппарат Бэйквелла, использовав точно синхронизированные маятники на передающей и принимающей станциях, тем самым заменив вращательное движение на возвратно-поступательное, как в схеме Бэйна. Как представляется, Касселли имел больше предприимчивости, чем его предшественники, и аппарат, который он улучшил в 1860, действительно применялся с некоторым успехом в течение короткого времени на службе между Парижем и несколькими другими городами Франции. Его отмена была вероятно обусловлена медленностью передачи и недостатком спроса на такого рода средства. Очень странно, что столь многие научные труды по физике и другие книги упоминают Касселли, игнорируя Бэйна и Блэйквелла.

Вскоре после этого Мейкр разработал систему, которая с успехом использовалась во франции и которую можно справедливо считать первым полностью практическим применением идей в этой области. Любопытное усовершенствование было сделано Герардом, который в 1865 предложил использовать плоские диски вместо цилиндров Бэйквелла. Даже после того, как для передачи стал применяться один провод, оставалось обязательным поддерживать точную синхронность между передатчиком и приемников, каковой задаче посвятили свои силы множество изобретателей. Д'Арлинкур прибегнул к камертону, и его идея была впоследствии более совершенным способом воплощена Лакуром. Примерно в это время изобретение достигло Америки, и в 1870 Сойер с его изобретательностью включился в развитие процесса, применив в нем цинковые клише. Они были очень надежными, и это было замечательным успехом.

В 1880 Эдисон изобрел аппарат на принципе, применявшемся Сойером, за исключением того, что оттиски получались на бумаге в виде барельефа. Эта идея была подхвачена далее Деннисоном в устройствах возвратно-поступательного типа. Введение переменной системы передачи энергии Тесла принесло новые способы работы передатчиков и приемников. Использование синхронных моторов впервые было предложено Шини в 1893.

ПОЛУЧАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ

Во всех случаях без исключения было необходимо предоставлять реальные отпечатки, рисунки или схемы для передачи, пока Ленуар не ввел в технологию фотографические пленки, дав возможность передавать картинки любого рода. Это было великим шагом вперед, но слава первого практического успеха принадлежит Американскому инженеру, Н. Амштутцу, который впервые воспользовался фотографическими передающими клише и с огромным успехом. Амштутц был настоящим пионером, и его усовершенствование является существенным в современных процессах. Правда, в начале 1865 Француз, Хуберт, предложил использовать буквы, написанные толстыми чернилами, но пользы от этого было немного, и Амштутц был несомненно первым, кто произвел и применил клише, от которых жизненно зависит сегодняшняя технология. С его устройством были проведены совершенно удовлетворительные демонстрации в этой стране более 20 лет назад, когда по телеграфным проводам на большое расстояние были переданы картинки. Образцы его работы сохранились, и они ясно показывают, насколько он опережал свое время.

Следом за Амштутцем Данлани, Пальмер, Миллс и другие Американские изобретатели предприняли передачу картинок с большим или меньшим успехом. К этому времени возникла необходимость увеличить скорость процесса за счет ускорения устройств, а также с помощью множественных передач. Бельгийский изобретатель, Карбонелле, сделал важное усовершенствование в этом направлении, когда применил телефонную диафрагму, несущую пишущую иглу для выполнения оттисков.

Но наиболее успешным из всех изобретателей был Д-р Корн, как и наиболее плодовитым в предложенных им усовершенствованиях, из которых самым значимым стал фотографический метод записи, выполненный в 1903. Общая идея фотографической записи уже была выдвинута Георгом Литтлом, и несколько лет спустя Диллон получил патент, включающий использование чувствительной бумаги и зеркала, отражающего луч света на нее. Очевидно, однако, что в то время использование этого предложения было трудно осуществимо, потому что была еще недостаточна развита фотография. В качестве примера можно упомянуть то, что в 1892 внимание научного мира было направлено на приемник с удивительной чувствительностью, состоящий из потока электронов, удерживаемого в чувствительном равновесии в вакуумной колбе, посредством которого предлагалось применить фотографию для передачи телеграфных и телефонных сообщений через Атлантическое кабели, и позже беспроводным способом. Это предложение было встречено несокрушимыми возражениями против фотографического метода. На самом деле, процесс Белена стал возможен главным образом благодаря огромному развитию в области чувствительных пленок, возникшему в ответ на настойчивый спрос со стороны движущихся картин, а также простимулированному недавней войной.

ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЕМА ПРИМЕНЯЮТСЯ СЕЛЕНОВЫЕ ЯЧЕЙКИ И ВАКУУМНЫЕ ТРУБКИ

В аппарате, изобретенном Д-ром Корном, в качестве передатчика использованы селеновые ячейки, чтобы менять интенсивность посылаемого тока, а на принимающей станции он применяет вакуумную трубку высокой интенсивности, которая отбрасывает свой свет через узкую щель на чувствительную пластину. Трубка возбуждается высокочастотными токами, подающимися с трансформатора Теслы, и может вспыхивать много тысяч раз в секунду. Движение принимающего элемента осуществляется через проводной гальванометр, осциллограф или телефонную диафрагму. Система Корна успешно применялась несколько прошедших лет в Германии и других странах. На самом деле, она даже некоторое время применялась в беспроводной передаче. Патенты на этот способ передачи были выданы в 1898 и 1899 Кустеру и Г. Вильямсу, но устройства включали в себя использование волн Герца, и были неосуществимыми. Позднее получили патенты Фредерик Браун, Панса и Кнудсен, однако все они были име-

ли недостатки. Успех в этом направлении был достигнут до сих пор только Корном, Бержонне и Т. Бейкером. Все без исключения изобретатели используют проводной гальванометр, который особенно удобен благодаря его высокой скорости. Телаутографическая передача подобными способами по продам как и без проводов теперь стала обычной и выполняется с помощью передатчика, состоящего из двух компонент, первоначальная идея которого принадлежит англичанину, Джонсу, который выдвинул много предложений в 1855.

В СОВРЕМЕННОМ РАЗВИТИИ ПРИМЕНЯЕТСЯ МНОГО СТАРЫХ ПРИНЦИПОВ

В этой короткой истории передачи изображений Белену принадлежит самая большая глава. В процесс, который он в конце концов приспособил после многих лет непрерывных усилий, включается применение двух синхронно вращающихся цилиндров — один для передачи, а другой для воспроизведения. Первый сделан из меди и подготавливается к работе посредством покрытия его поверхности тонким раствором шеллака, оборачивания вокруг него угольной копии фотографии ее лицевой стороной к цилиндру, и погружения всего этого в воду, в результате чего желатин пристает к поверхности цилиндра пропорционально степени черноты, так что получается барельефное подобие отпечатка. По этому цилиндру скользит игла микрофонной диафрагмы, которая медленно двигается вперед за счет вращения цилиндра как в фонографе. Таким способом давление угольных контактов меняется в сообразно изменениям поверхности, и микрофонные токи идут по передающим проводам на принимающую станцию, где они вызывают соответствующие отклонения зеркала, которое является частью высокочувствительного апериодического осциллографа. Сильный поток света, отраженный от этого зеркала, проходит через экран, проградуированный от полной прозрачности до затемненности, и через микроскопическое отверстие падает на чувствительную пленку, обернутую вокруг принимающего цилиндра. Принимаются специальные меры для поддержания синхронного хода цилиндров, потому что для хорошей работы это необходимо. Пленка, конечно же, защищена от внешнего света, и когда операция завершена, проявляется как обычно, так что в зависимости от положения экрана получаются позитивные или негативные отпечатки. В этом аппарате нет ничего принципиально нового; на самом деле, каждый его элемент был открыт ранее. Даже градуированный экран, который является одной из наиболее важных частей, использовался до этого Д-ром Корном. Но М-р Белен продемонстрировал заметную изобретательность и мастерство во всех деталях, его воспроизведенные фотографии — самые превосходные. Есть все основания полагать, что его усилия будут вознаграждены широким практическим применением его устройства.

СЛЕДУЮЩИМ ШАГОМ В РАЗВИТИИ ПЕРЕДАЧИ ДОЛЖНО СТАТЬ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Передача фотографий — это лишь первый шаг к неизмеримо большему достижению, — телевидению. Но это означает мгновенную передачу визуальных воздействий на любое расстояние по проводам или без. Это предмет, которому я посвятил 25 лет пристального изучения. Две преграды, которые годы назад казались непреодолимыми, успешно пройдены, но огромные сложности все еще на пути. На них наталкиваешься в инерции чувствительных ячеек и огромной скорости, которая требуется для того, чтобы можно было видеть людей, объекты или сцены как в жизни. Это проблема создания передатчика, аналогичного хрусталику и сетчатке глаза, средства передачи, соответствующего оптическому нерву, и приемника, устроенного подобно мозгу. Это гигантская задача, но я уверен, что мир увидит ее выполнение в ближайшем будущем.

II
СТАТЬИ О НЕКОТОРЫХ ОБЩИХ ВОПРОСАХ

1

ОБЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ*

ВЫСТУПЛЕНИЕ ПО СЛУЧАЮ ОЗНАМЕНОВАНИЯ ЗАПУСКА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА НИАГАРСКОМ ВОДОПАДЕ В БУФФАЛО В КЛУБЕ ЭЛЛИКОТТ, 12 ЯНВАРЯ 1897

В тех немногих неизбежных случаях, когда я выступал перед аудиторией, у меня едва хватало смелости. И впечатления этого вечера, даже отдельно от повода нашей встречи, для меня совершенно новые. Хотя в тех немногих случаях, о которых я сохранил приятные воспоминания, мои слова встречали радушный прием, я никогда не обманывал себя, и довольно хорошо знал, что своим успехом обязан не своим выдающимся мастерством в искусстве риторики и убеждения. Тем не менее, мое ощущение, что я должен ответить на предложение, которым меня почтили несколько дней назад, было достаточно сильно чтобы преодолеть мои весьма мрачные предчувствия относительно моей способности воздать должное той теме, которая была мне поручена. Это правда, что временами — даже сейчас, когда я говорю, — мои мысли поглощены этим предметом, но я знаю, что как только я попытаюсь их выразить, мимолетные представления ускользнут, я испытаю определенное хорошо известное чувство утраты, холодности и забвения. Мне уже видятся ваши разочарованные лица, и я могу прочесть в них болезненное сожаление по поводу ошибочно сделанного вами выбора.

Это отступление, джентльмены, сделано не с эгоистичной целью завоевать вашу доброжелательность и [получить] прощение моих недостатков, но лишь с искренним намерением принести вам извинения за ваше разочарование. Нимало они не сделаны и, — как вы могли бы быть склонны счесть, — в том игривом духе, который часто демонстрируют запоздавшие ораторы для увеселения слушателей. Напротив, я глубоко серьезен в своем желании иметь то пылающее пламя красноречия, которое дало бы мне высказаться нужными словами об этой пленительной науке об электричестве, о чудесных событиях, которые хранят в себе электрические анналы, и которые, как справедливо заметил один из ораторов, отмечают эту эпоху как Эпоху Электричества, и особенно о великом событии, которое мы отмечаем сегодня. К сожалению, это мое желание должно будет остаться неисполненным, но я надеюсь, что в своих бесформенных и незаконченных утверждениях, среди немногих идей и фактов, которые я упомяну, может быть, окажется что-нибудь интересное и полезное, что-нибудь приличествующее этому замечательному событию.

Джентльмены, в интеллектуальном прогрессе человечества за самое недавнее время есть много черт четко различимых и характеризующих его, — черт, которые приносят огромное утешение умам всех, кто на самом деле хранит в сердце мысли о развитии и благополучии рода людского.

Прежде всего, исследования с помощью микроскопа и точных электрических приборов природы наших органов и чувств, особенно тех, посредством которых мы непосредственно общаемся с окружающим миром, и через которые познания передаются нашим умам, открыли

* Electrical Review, 27 Января, 1897 г.

их доподлинное устройство и способ действия, которые согласуются с простыми и хорошо установленными физическими принципами и законами. Отсюда наблюдения, которые мы делаем, и факты, которые мы устанавливаем с их помощью, — это реальные факты и наблюдения, и наше знание — истинное знание. Чтобы проиллюстрировать: Наше знание формы, например, зависит от того позитивного факта, что свет распространяется по прямым линиям, благодаря чему, изображение, создаваемое линзой, в точности подобно видимому объекту. На самом деле, мои размышления в этих областях и направлениях привели меня к заключению, что большая часть человеческого знания основана на этой простой истине, поскольку практически каждая идея или концепция — а таким образом и знание, — заранее, предполагает визуальные впечатления. Но если бы свет распространялся не в соответствии с упомянутым законом, а по какому-то другому закону, который можно было бы сейчас себе представить, то, таким образом, не только изображение могло бы не иметь сходства с увиденным объектом, но даже сами изображения одного и того же объекта в разное время и на разных расстояниях могли бы не походить друг на друга. Тогда наше знание формы было *бы* весьма неполным, потому что мы тогда бы могли увидеть, например, треугольную фигуру как шести или двенадцати угольную. Ясно понимая механизм и способ действия наших органов мы отметаем все сомнения относительно реальности и истинности впечатлений, получаемых из внешнего мира, и тем самым закрываем — как можно надеяться, навсегда, — все те нездоровые спекуляции и скептицизм, в которые до этого были склонны впадать все сильнейшие умы.

Позвольте мне сообщить вам еще одну приятную новость. За все известное время прогресс в сегодняшние дни идет быстрее и значительнее, чем был когда-либо ранее. Это полностью согласуется с фундаментальным законом движения, который утверждает ускорение и рост импульса, или накопление энергии, под воздействием постоянно действующей силы и стремления, и еще более правильно, так как всякое продвижение вперед ослабляет элементы, стремящиеся вызвать трение и замедление. Что, в конце концов, такое прогресс, или, — более правильно, — развитие, или эволюция, как не движение, бесконечно сложное и часто непостижимое, — это так, — но тем не менее точно определяемое в количестве и качестве движения физическими условиями и управляющими законами? Эта особенность развития за последнее время лучше всего демонстрируется быстрым слиянием вместе различных искусств и наук и стиранием строгих и тесных разделительных линий, или границ, некоторые из которых всего лишь несколько лет назад еще казались непреодолимыми, и которые окружали любое исследование, прямо как настоящая Китайская стена, препятствуя прогрессу. Наши умы охватывает чувство взаимосвязанности разнообразных внешне очень различных сил и явлений, которые мы наблюдаем, чувство более глубокого понимания природы как целого, которое хотя еще и недостаточно ясное и определенное, сильно настолько, что наполняет нас уверенностью в огромных свершениях в самом ближайшем будущем.

Но эти особенности интересны главным образом ученому, мыслителя. Есть еще одна деталь, дающая нам еще больше удовлетворения и радости, и представляющая еще более универсальный интерес, главным образом благодаря ее значению для благосостояния человечества. Джентльмены, есть влияние, усиливающееся с каждым днем, которое проявляет себя во всех областях человеческой деятельности, влияние наиболее плодотворное и полезное — влияние мастера. Это был счастливый день для всего человечества, когда мастер почувствовал желание стать физиком, электротехником, инженером или механиком или — почему нет — математиком или финансистом; потому что именно он создал все те чудеса и все то величие, которым мы являемся свидетелями. Именно он упразднил эту маленькую, педантичную, узкую школу преподавания, которая делала из устремленного студента раба на галерах, и это он дал свободу в выборе предмета изучения, отвечающего наклонностям и желаниям каждого, и тем самым способствовал развитию.

Некоторые, кто наслаждается упражнениями в критицизме, называют это несимметричным развитием, упадком или отклонением от нормального, или даже вырождением расы. Но они ошибаются. Это желанное положение вещей, это благо, мудрое разделение труда, установление условий наиболее благоприятных для прогресса. Позвольте человеку сконцентрировать всю свою энергию в один великий порыв, дайте ему понять одну единственную истину, даже если его поглотит священное пламя, и миллионы менее одаренных людей легко смогут следовать за ним. Поэтому главным образом не количество, а качество работы определяет размах прогресса.

Это именно мастер, вновь он, пробудил широкий дух филантропии, который даже в старые времена сиял в учениях великих реформаторов и философов, тот дух, который заставляет людей во всех областях и на любых должностях трудиться не столько ради материальной выгоды или вознаграждения, — хотя разум может говорить и об этом, — сколько в первую очередь ради успеха, ради удовольствия от его достижения, и ради добра, которое они могут принести этим своим собратьям. Под его влиянием люди пробивают себе дорогу вперед, движимые глубокой любовью к своим исследованиям, люди, делающие чудеса каждый в своей области, чья главная цель и радость — это получение и распространение знаний, люди, смотрящие далеко вперед поверх житейских вещей, чей лозунг — Ввысь! Джентльмены, давайте воздадим хвалу мастеру, давайте возблагодарим его, давайте выпьем за его здоровье!

Сейчас, среди всех этих радующих и воодушевляющих признаков, характерных для современного прогресса мысли, электричество, распространение науки об электричестве, стало самым могущественным фактором. Электрическая наука открыла нам истинную природу света, дала нам бесчисленное множество устройств и точных инструментов, и тем самым внесла значительный вклад в точность нашего знания. Электрическая наука открыла нам самые глубокие внутренние взаимосвязи, существующие между очень отличными друг от друга силами и явлениями, и тем привела нас к более полному пониманию Природы и ее многочисленных проявлений, доступных нашим чувствам. Электрическая наука также, своей пленительностью, перспективами бесчисленных воплощений в реальности, чудесных возможностей в первую очередь в гуманитарных направлениях, привлекла внимание и призвала силы мастера. Где то поле деятельности, на котором его Богом данные силы принесли бы больше пользы его собратьям, как не эта неисследованная, почти девственная область, где, как в молчаливом лесу, тысячи голосов откликаются на каждый возглас?

Со всеми этими утешительными особенностями, с этими ободряющими перспективами, мы не должны смотреть в будущее с неуверенностью или дурными предчувствиями. Есть пессимистичные люди, с тревожными лицами, постоянно шепчущие нам в ухо, что нации тайно вооружаются — вооружаются до зубов; что они собираются неожиданно наброситься друг на друга по некоему сигналу и уничтожить друг друга; что все они стараются превзойти эту победоносную, великую, чудесную Германскую армию, которой нет сопротивления, потому что дисциплина в самой крови у каждого Немца — каждый немец солдат. Но эти люди впадают в ошибку. Посмотрите хотя бы на недавние события с Британцами в этих затруднениях в Венесуэле. Две другие нации могли бы сокрушить друг друга, но не Англо-Саксы; они слишком далеко впереди. Люди, которые говорят вам это, игнорируют силы, которые действуют постоянно, тихо но непреодолимо — силы, которые говорят: Мир!

Именно истинный мастер вдохновляет нас более высокими и благородными чувствами и заставляет нас ненавидеть раздор и бойню. Именно инженер перекрывает бездны и пропасти, и служит контакту и уравниванию между собой разнородных людских масс. Именно механик приходит с его устройствами, сберегающими время и силы, совершенствует свою летательную машину, и не для того, чтобы сбросить мешок динамита на город или корабль, но для того, чтобы развить транспорт и путешествия. Опять же, есть химик, который открывает новые средства и делает существование более приятным и безопасным; и есть электротехник, который посылает свои послания мира во все концы земного шара. Недолго ждать времени, когда те люди, которые тратят свою изобретательность на придумывание скорострельных ружей,

торпед и других орудий разрушения — при этом уверяя вас, что это ради любви и пользы человечеству, — обнаружат, что никто не берет их одиозные орудия, и осознают, что используй они свой изобретательский талант в других направлениях, они получили бы гораздо большую награду, чем полученные ими сестерции. И тогда, может быть и не очень-то скоро, повсюду разнесется мольба: Братья, отбросьте эти властные методы сильного, эти остатки варварства, столь враждебные прогрессу! Дайте этому доблестному воину возможности показать более достойную похвалы отвагу, чем та, с которой он, опьяненный победой, ударился в уничтожение своих собратьев. Дайте ему трудиться в поте лица день и ночь имея малый шанс но все же не отступаясь; дайте ему бросить вызов опасностям исследования высот атмосферы и глубин моря; дайте ему смело встретить ужас чумы, зной тропической пустыни и полярный лед. Обратите ваши силы на то, чтобы избавиться от общих врагов и угроз, опасностей, которые вокруг вас, которые угрожают вам из воздуха, которым вы дышите, из воды, которую вы пьете, из еды, которую едите. Разве не странно, разве не стыдно, что мы, существа на самой высокой ступени развития в этом нашем мире, существа со столь immence мощью мыслей и действий, мы, хозяева земного шара, находимся абсолютно во власти наших невидимых врагов, настолько, что не знаем, принесет ли нам кусок пищи или глоток напитка радость и жизнь или боль и гибель! В этой самой современной и самой важной войне, в которой впереди идут бактериологи, услуги, которые окажет электричество, окажутся неоценимыми. Экономическое производство высокочастотных токов, которое теперь — совершившийся факт, позволяет нам легко и в больших количествах генерировать озон для дезинфекции воды и воздуха, а недавно открытые новые излучения дают надежду найти эффективное средство излечения от болезней микробной природы, которые до сих пор противостояли всем усилиям врачей. Но позвольте мне обратиться к более приятной теме.

Я упоминал слияние различных наук или областей исследования, и определенное ощущение близкой внутренней взаимосвязи между многообразными и явно различными силами и явлениями. Как мы уже знаем, в основном благодаря усилиям отважных пионеров, свет, лучистое тепло, электрические и магнитные воздействия очень тесно связаны, если не сказать идентичны. Химик заявляет, что эффекты объединения и разделения веществ, которые они наблюдают, вызваны электрическими силами, а врач и физиолог скажут вам, что даже развитие жизни электрическое. Таким образом, электрическая наука получила всеобщее значение, и наша эпоха может по праву претендовать на звание "Эпоха Электричества".

Я очень многое хотел бы сказать вам по этому поводу — я, можно сказать, просто сгораю от желания это сказать, — что такое электричество на самом деле, но у меня есть очень веские причины, которые лучше всего оценят мои коллеги, следовать прецеденту, установленному великим и почтенным философом, и я не должен вдаваться в эти чисто научные аспекты электричества.

Есть и другая причина моему заявлению, которое я произнес ранее, она еще более значима, чем первая, и состоит в громадном развитии во всех отраслях электричества в самые последние годы и его влиянии на другие отрасли науки и промышленности. Чтобы проиллюстрировать это влияние, мне достаточно упомянуть паровой или газовый двигатель. В течение более чем половины столетия паровой двигатель служил бесчисленным нуждам человека. Работа, которую ему поручали выполнять была столь разнообразна, и условия в каждом случае были столь различными, что по необходимости в результате возникло огромное множество типов двигателей. В подавляющем большинстве случаев задача, стоящая перед инженером, состояла не в том главном, как должно было бы быть, чтобы преобразовать наибольшее возможное количество тепловой энергии в механическую, а была довольно специфической проблемой получения механической энергии в такой форме, которая наиболее пригодна для общих целей. Поскольку возвратно-поступательное движение поршня для практических целей было неудобно, за исключением очень немногих случаев, поршень был присоединен к кривошипу, и таким образом получалось вращательное движение, которое было более удобным и предпочтительным, хотя это влекло за собой множество недостатков, присущих кривошипу и применявшимся неэкономным методам. Но до совсем недавних пор в распоряжении инженера,

для преобразования и передачи движения поршня, не было лучших способов чем жесткие механические соединения. Последние несколько лет заставили конструктора обратить внимание на электрический мотор с его идеальными характеристиками. Это был способ передавать механическое движение проще, чем до сих пор, и намного экономичнее. Будь этот способ реализован раньше, нет сомнений, что из многих различных типов двигателя большинство не существовало бы, потому что как только двигатель сочетался бы с электрическим генератором, получился бы тип, пригодный для почти универсального использования. С этого момента не было бы нужды стремиться усовершенствовать двигатели специальных конструкций, способных выполнять специальные виды работы. Задача инженера состояла бы теперь в том, чтобы сконцентрировать все свои усилия на одном типе, чтобы совершенствовать один вид двигателя — лучший, универсальный, двигатель ближайшего будущего; а именно, тот, который наиболее подходит для генерации электричества.

Первые усилия в этом направлении дали сильный импульс развитию высокоскоростного двигателя с возвратно-поступательным движением, а также турбины, которая недавно была типом двигателя с очень ограниченным практическим использованием, а стала, до определенной степени, полезной в связи с электрическим генератором и мотором. Пока еще прежний двигатель, хотя и улучшенный во многих частностных деталях, радикально не Изменился, и даже сейчас имеет те же нежелательные свойства и ограничения. Чтобы разделаться с этим насколько это возможно, совершенствуется новый тип двигателя, в котором поддерживаются наиболее благоприятные условия для экономии, который расширяет рабочий флюид с предельной скоростью и теряет мало тепла на стенках, двигатель, лишенный всех обычных регулирующий механизмов, прокладок, сальников и других придатков, и составляющий часть электрического генератора; и в этот тип я, можно сказать, безоговорочно верю.

Газовый или взрывной двигатель аналогично подвергся глубокому влиянию со стороны коммерческого введения электрического света и энергии, особенно за самые последние годы. Инженер все больше и больше обращает свои силы в этом направлении, привлеченный Перспективами получения более высокой термодинамической эффективности. Сейчас строятся двигатели гораздо бо́льших размеров, конструкция постоянно улучшается и быстро развивается Новый тип двигателя, наиболее подходящий для генерации электричества.

Есть много других направлений в производстве и промышленности, в которых влияние развития электричества ощущается еще сильнее. Таково, например, производство огромного разнообразия изделий из металла, и особенно химических товаров. Сварка металлов электричеством, хотя и неэкономична, была, тем не менее, принята как законное дело, а производство металлических листов, бесшовных труб и подобные им дают надежду на сильное усовершенствование. Мы движемся постепенно но неуклонно к плавлению материалов и обогащению всех видов руд — даже железных руд — при помощи электричества, и в каждом из этих направлений возможны великие свершения. И вновь, экономический переход от снабжения обычными токами к высокочастотным токам открывает новые возможности, такие, как соединение атмосферного азота и производство его соединений; например, аммиака и азотной кислоты, и их солей с помощью новых процессов.

Высокочастотные токи также приводят нас к воплощению более экономичных систем освещения; а именно, посредством фосфоресцентных колб и трубок, и позволяют нам производить с помощью этих устройств свет практически любой яркости. Относительно остального прогресса в чисто электрических областях, мы все радовались наблюдая, как далеко перешагнул он в самые последние годы наши самые оптимистичные ожидания. Перечислять многочисленные достигнутые успехи — это задача обозревателя, но я не могу не упомянуть прекрасные открытия Ленарда и Рентгена, особенно второго, которые получили столь мощный отклик в научном мире, что заставили нас забыть, на время, великое достижение Линда в Германии, который добился сжижения воздуха в промышленном масштабе с помощью процесса непрерывного охлаждения: открытие аргона Лордом Релеем и Профессором Рамсеем, и превосходная пионерская работа Профессора Дюара в области исследований низкой

температуры. Тот факт, что Соединенные Штаты внесли очень обильный вклад в этот громадный прогресс, должен принести всем нам огромное удовлетворение. Чествуя работников из других стран и всех тех, кто по профессии или склонности

посвящает себя чисто научным занятиям, мы имеем особые причины с огромной признательностью упомянуть имена тех, кто внес такой большой вклад в этот удивительный прогресс электрической индустрии в этой стране. Белл, который своим замечательным изобретением предоставил нам возможность передавать речь на большие расстояний, оказал очень глубокое влияние на наши коммерческие и общественные отношения, и даже на сам наш образ жизни; Эдисон, которые, не сделай он даже ничего кроме своей ранней работы по освещению с помощью лампы накаливания, уже стал бы одним из величайших благодетелей нашей эпохи; Вестингауэ, открыватель коммерческой системы переменного тока; Браш, великий пионер дугового освещения; Томпсон, давший нам первую практическую машину для сварки, который с его острым чутьем внес весьма ощутимый вклад в развитие многих научных и промышленных отраслей; Вестон, который когда-то привел мир к созданию динамо, а теперь занимает ведущее место в конструировании электрических инструментов; Спраг, который с редкой энергией справился с проблемой и обеспечил успех практических электрических железных дорог; Эчесон, Холл, Виллсон и другие, которые создают новую и революционную индустрию прямо на наших глазах здесь на Ниагаре. И труд этих одаренных людей далек от завершения в этот час. Многое еще придет, пока большинство из них будет полно сил и энтузиазма. Все эти люди и многие другие неустанно работают исследуя новые области и открывая неожиданные и многообещающие направления. Каждую неделю, если не каждый день, мы узнаем из журналов о новых продвижениях в какой-нибудь неисследованной области, где на каждом шагу дружески манит успех и ведет труженика от одной сложной задачи к другой, еще более сложной.

Но среди всех этих многообразных областей исследований, этих многочисленных отраслей промышленности, новых и старых, которые быстро развиваются, есть одна доминирующая над всеми по своей важности — одна, которая имеет величайшее значение для спокойствия и благополучия, если не сказать для существования, человечества, и это электрическая передача энергии. И в этой самой важной из всех областей, джентльмены, в далеком будущем, когда время расположит события в их правильной перспективе, и разместит людей по заслуженным ими местам, это великое событие, которое мы празднуем сегодня, будет выделяться как обозначающее новую и славную эпоху в истории человечества — эпоху более великую, чем отмеченная приходом парового двигателя. У нас есть много памятников прошлых времен; у нас есть дворцы и пирамиды, храмы Греции и соборы Христианства. В них представлено человеческое могущество, величие наций, любовь к искусству и преданность религии. Но в этом памятнике на Ниагаре есть что-то присущее только ему, более созвучное нашим сегодняшним мыслям и стремлениям. Это памятник, достойный нашей научной эры, истинный монумент просвещённости и мира. Он олицетворяет покорение природных сил на службу человеку, прекращение варварских способов, избавление миллионов от нужды и страданий. Не важно, что мы пытаемся сделать, не важно, в какую сторону направим мы свои усилия, мм зависим от энергии. Наши экономисты могут предложить много экономических систем управления и использования ресурсов, наши законодатели могут создать более мудрые законы и соглашения. Это значит мало. Это только временная помощь. Если мы хотим сократить нужду и нищету, если мы хотим дать каждой достойной личности то, что нужно для безопасного существования разумного существа, мы должны дать больше машин, большее энергии. Энергия — это наш оплот, первичный источник многосторонних сил. Имея в распоряжении достаточно энергии, мы можем удовлетворить большинство наших нужд и гарантировать всем спокойное и безопасное существование, за исключением, быть может, тех, кто является самыми великими преступниками из всех, — умышленных тунеядцев.

Развитие и благосостояние города, успех нации, прогресс всего человеческого рода определяется имеющейся в распоряжении энергией. Подумайте о великих успехах Британии, равных которым не знала история. Помимо качеств своей расы, имевших огромное значение,

они обладали ключом от мира — углем. С помощью угля они производили железо; уголь давал им свет и тепло; уголь вращал колеса их промышленных гигантов, и уголь двигал вперед их завоевательные флотилии. Но запасы его все более и более истощались, труд становился все дороже и дороже, а потребность постоянно росла. Каждому должно быть ясно, что скоро должен быть открыт некий новый источник снабжения энергией, или что по крайней мере нынешние способы должны быть существенно улучшены. Многое ожидается от более экономичного использования запасенной энергии углерода в батарее; но хотя достижение этого результата и назвали бы великим успехом, он не был бы столь значим как прогресс в продвижении к максимальному и постоянному способу получения энергии, как кажется считают некоторые инженеры. По причинам как экономии так и удобства мы идем к общему признанию системы снабжения энергией от центральных станций, а прелести механической генерации электричества для этих целей трудно преувеличить. Преимущества этого универсально пригодного способа определенно столь велики, что вероятность замещения динамо машин батареями, по моему мнению, очень мала, как и [вероятность] того, что газовый двигатель и паровой двигатель высокого давления дадут существенно более экономичное термодинамическое преобразование. Даже если бы мы сегодня имели такую экономичную угольную батарею, она вряд ли была бы введена на центральных станциях, потому что ее I применение влекло бы за собой множество неудобств и недостатков. Вполне вероятно, что углерод не сжигался бы в его естественном виде как в бойлере, а должен был бы проходить специальную подготовку чтобы обеспечивать однородность генерации тока. Должно было бы быть огромное количество ячеек, чтобы создавать потребную обычно электродвижущую силу. Процесс очистки и обновления, работа с опасными жидкостями и газами и огромное пространство, нужное для столь большого количества батарей, делает сложным, если не коммерчески убыточным, функционирование такой установки в городе или плотно населенном районе. Опять же, если станция будет возведена на окраине, преобразование посредством вращающихся трансформаторов или иным способом станет серьезным и неизбежным недостатком. Более того, регулирующая аппаратура и прочие вспомогательные приборы, которые в этом случае потребовались бы, сделали бы такую установку столь же сложной, как нынешняя, если не еще более. Мы могли бы, конечно, разместить батареи на угольной шахте или вблизи нее, и оттуда передавать энергию в виде переменных токов высокого напряжения, получаемых из вращающихся трансформаторов, но даже в этом наиболее благоприятном случае процесс был бы просто варварским, определенно более, чем нынешний, и все равно бы требовал потребления материалов, в то же время ограничивал бы инженера и механика в применении их прекрасного искусства. Что касается снабжением энергией в небольших изолированных местах и жилищах, я возлагаю надежды на развитие световых накопительных батарей, включающих применение химикатов, произведенных с помощью дешевой энергии воды, вроде каких-нибудь углеродных или кислородно-водородных ячеек. Но мы не должны удовлетворяться просто усовершенствованием паровых и взрывных двигателей или изобретением новых батарей; у нас есть кое-что лучшее, ради чего трудиться, более великая задача. Мы должны развивать способы получения энергии из источников, которые неисчерпаемы, усовершенствовать методы, не требующие потребления и затрат каких бы то ни было материалов. Перед лицом этой великой возможности, которую я осознал давно, перед этой великой проблемой, практическое решение которой столь много означает для человечества, я концентрировал свои усилия в течение многих лет, и несколько счастливых идей, которые посетили меня, вдохновили меня на самые трудные попытки и дали мне силы и смелость в трудностях. Около шести лет назад моя уверенность стала достаточно сильной, чтобы подвигнуть меня выразить надежду в окончательном решении этой стоящей надо всем проблемы. Я с тех пор продвинулся, и прошел стадию простой уверенности, выведенной из кропотливого изучения фактов, умозаключений и расчетов. Теперь я чувствую убежденность в том, что реализация этой идеи уже недалека. Но именно по этой причине я ощущаю побуждение указать здесь на важный факт, который я

надеюсь запомнится. Исследуя долгое время возможности продвинуться в этом, я обращался, например, к возможностям работы двигателей в любой точке Земли от энергии среды, я обнаружил, что даже при теоретически наилучших условиях такой метод получения энергии не может сравняться по экономичности, простоте и многим другим характеристикам с ныне существующими методами, включая преобразование механической энергии текущей воды в электрическую энергию и передачу последней в виде токов очень высокого напряжения на огромные расстояния. Тогда, если у нас в распоряжении есть токи достаточно высокого напражения, водопад дает нам наиболее выгодный способ получения энергии от солнца, достаточной для всех наших нужд, и осознание этого сильно подействовало на меня в плане будущей важности водной энергии, не столько из-за его коммерческого значения, хотя оно и может быть очень большим, сколько главным образом из-за его значения для нашей безопасности и благополучия. Я рад сообщить, что и в этом последнем направлении мои усилия не были безуспешными, потому что я открыл способ, который принесет нам пользу в передаче энергии с электродвижущими силами намного более высокими, чем используются в обычном оборудовании. На самом деле, прогресс в этой области дал мне новую надежду, что я увижу воплощение одной из моих страстной мечты; а именно, передачу энергии от станции к станций без использования какого-либо соединяющего провода. Все равно, какой бы метод передачи в конце концов не приняли, близость к источнику энергии будет оставаться важным преимуществом.

Джентльмены, некоторые из идей, которые я высказал, могут показаться многим из Вас трудно осуществимыми; тем не менее, они являются результатом длительных размышлений и работы. Вы бы могли судить о них более справедливо, если бы посвятили им свою жизнь, как это сделал я. С идеями так же как с головокружительными высотами, на которые вы взбираетесь: Сначала они вызывают у вас дискомфорт и вы боитесь свалиться вниз, не веря в собственные силы; но вскоре удаленность от суматохи жизни и вдохновляющее влияние высоты соты успокаивают вашу кровь; ваш шаг становиться твердым и уверенным, и вы начинаете искать - еще более головокружительные высоты. Я пытался говорить с вами об "Электричестве' его , его развитии и влиянии, но боюсь, что сделал это как мальчишка, который пытается нарисовать вать портрет несколькими прямыми линиями. Но я постарался высказать одну мысль, держась одной мелодии, которая, я уверен, найдет отзвук в сердцах каждого из вас, единственной, достойной этого случая — гуманности. В великом предприятии на Ниагаре мы наблюдаем не только инженерную смелость и коммерческую ловкость, но намного больше, гигантский Шаг в правильном направлении, указанном и точной наукой и филантропией. Его успех — это сигнал к использованию энергии воды по всему миру, и его влияние на промышленное развитие неоценимо. Мы все должны отпраздновать это великое достижение и поздравить тех отважных пионеров, которые объединили свои усилия и средства для его осуществления. Радостно узнать о дружелюбном отношении граждан Буффало и о поддержке, данной предприятию Канадскими властями. Мы будем надеяться, что другие города, такие как Рочестер на этой стороне и Гамильтон и Торонто в Канаде, скоро последуют за Буффало. Надо поздравить и сам этот счастливый город. С бесподобными ресурсами, с коммерческими мощностями и преимуществами, какими обладают редкие города в мире, и с энтузиазмом и прогрессивным духом его граждан, он обязательно станет одним из величайших индустриальных центров на земном шаре.

2

ПРОБЛЕМА УВЕЛИЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ *

ДВИЖЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА ВПЕРЕД- ЭНЕРГИЯ ЭТОГО ДВИЖЕНИЯ — ТРИ ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Из всего бесконечного разнообразия явлений, которые природа являет нашим чувствам, нет такого, которое бы являло нашим умам большее чудо, чем непостижимо сложное движение, которое, во всей его полноте, мы называем человеческой жизнью. Ее таинственное происхождение скрыто в навсегда непроницаемой мгле прошлого, ее свойства непостижимы из-за ее бесконечной сложности, а ее предназначение скрыто в недостижимых глубинах будущего. Откуда она взялась? Что она такое? Куда она идет? — великие вопросы, на которые пытались Ответить мудрецы всех времен.

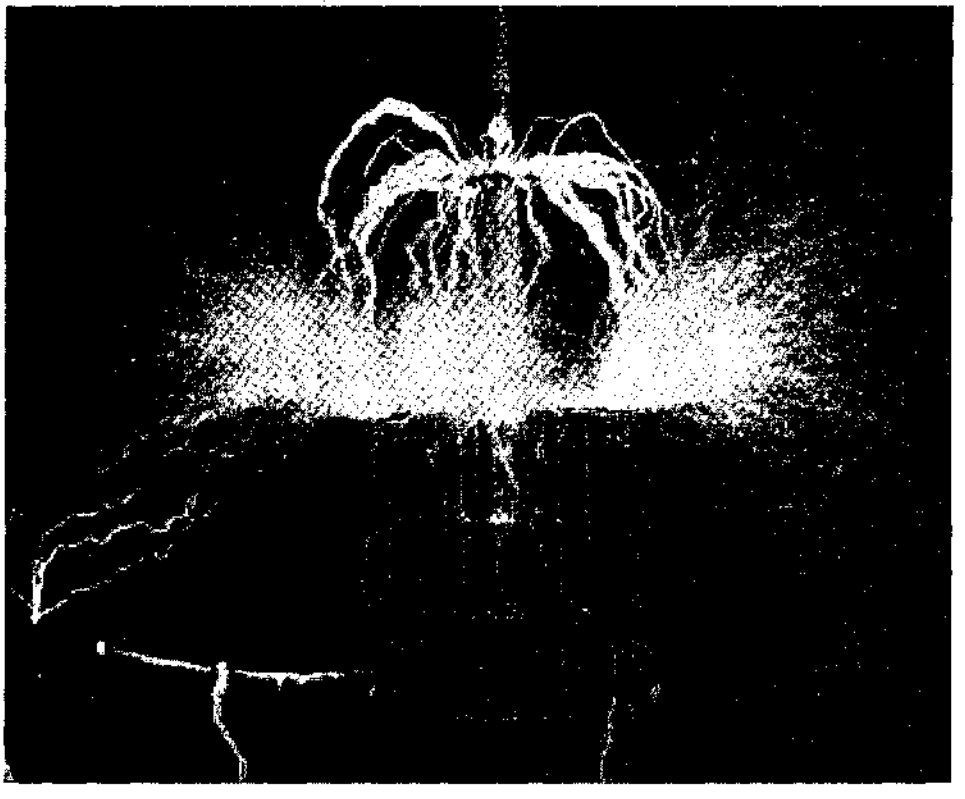
Современная наука говорит: солнце — это прошлое, земля — это настоящее, луна — будущее. Из пламенеющей массы произошли мы, и в замерзшую массу мы превратимся. Беспощаден закон природы, и быстро и неотвратимо движемся мы к нашему роковому концу. Лорд Кельвин в своих глубоких размышлениях отпустил нам только лишь короткий промежуток жизни, что-то около шести миллионов лет, после чего яркий свет солнца померкнет и его несущее жизнь тепло угаснет, и наша земля превратится в глыбу льда, несущуюся через вечную ночь. Но не дай нам отчаяться. Все еще останется мерцать искра жизни, и останется шанс зажечь новое пламя на какой-нибудь отдаленной звезде. Эта чудесная возможность, Кажется, действительно существует, если судить по прекрасным экспериментам Профессора Дюара с жидким воздухом, которые показывают, что зародыши органической жизни не разрушаются холодом, сколь бы силен он ни был; следовательно, они могут перенестись сквозь межзвездное пространство. Тем временем ободряющие огни науки и техники, светящие все сильнее, озаряют наш путь, и открывают они дивные вещи, и дарят они наслаждения, заставляя нас до поры забывать о печальном будущем.

Хотя мы быть может никогда не сможем постичь человеческую жизнь, мы твердо знаем, что это движение, какую бы природу оно не имело. Существование движения неизбежно влечет наличие тела, которое движимо, и силы, которая движет его. И отсюда, где есть жизнь, там есть масса движимая силой. Любая масса проявляет инерцию, любая сила стремится продолжать действовать. Благодаря этому универсальному свойству и принципу, тело, находится ли оно в покое или же в движении, стремится оставаться в том же состоянии, а сила, где бы она ни проявлялась и чем бы ни вызывалась, порождает эквивалентную противодействующую силу, и с абсолютной необходимостью из этого следует, что любое движение в природе должно быть ритмическим. Давным давно на эту простую истину ясно указал Герберт Спенсер, пришедший к ней в результате несколько другого процесса рассуждений. Она подтверждается во всем, что мы воспринимаем, — в движении планет, в приливе и отливе, в колебаниях воздуха, качании маятника, колебаниях электрической цепи, и

* The Century Illustrated Monthly Magazine, Июнь 1900 г.

в бесконечно разнообразных явлениях органической жизни. Разве не свидетельствует о том вся человеческая жизнь? Рождение, рост, старость и смерть индивидуума, семьи, расы или нации, что это как не ритм? Все проявления жизни, таким образом, даже в самой их сложной форме, — чему примером человек, непонятный и неисповедимый, есть только движение, к которому должны применяться те же общие законы движения, которые управляют физической вселенной.

Говоря о человеке мы подразумеваем человечество в целом, и перед тем, как применять научные методы исследования его движения, мы должны принять это как физический факт. Но может ли хоть один из нас усомниться сегодня в том, что миллионы индивидуумов и все бесчисленные типы и виды составляют одно целое, единое? Хотя мы и свободны в мыслях и поступках, мы вместе, как звезды на небосводе, и узы неразрывны. Эти узы нельзя увидеть, но мы можем ощутить их. Я прищемляю палец, и он отвечает мне болью: этот палец часть меня. Я вижу, как страдает друг, и это причиняет мне боль: мой друг и я — одно. А теперь я; вижу



Примечание к Рис. 1. — Этот результат получен при разряде электрического осциллятора, дающего двенадцать миллионов вольт. Электрическое напряжение, переменяющееся одну тысячу раз и секунду, возбуждает инертный в обычном состоянии азот, вызывая вступление его в реакцию с кислородом. Похожий на пламя разряд, показанный на фотографии, имеет шестьдесят футов в поперечнике.

меньше всего, и все равно он печалит меня. Разве это не доказывает, что каждый из нас — это лишь часть целого?

Многие века эта идея провозглашалась в совершенных по своей мудрости учениях религии, возможно не только как способ обеспечить мир и гармонию меж людьми, но и как глубоко фундаментальная истина. Буддисты выражают ее одним способом, Христиане другим, но и те и другие говорят: Мы все есть одно. Но мы можем выдвинуть в поддержку этой идеи не только одни лишь метафизические доказательства. Наука тоже устанавливает эту связанность отдельных индивидуумов, хотя и не совсем в том же смысле, в каком она признает, что солнца,

планеты и луны созвездия являются одним телом, и не может быть сомнений в том, что со временем это будет экспериментально подтверждено, когда наши средства и методы для исследования физического и других состояний и явлений будут доведены до высочайшего совершенства. Более того: это единое человеческое существо живет и живет. Индивидуумы эфемерны, расы и нации приходят и уходят, но человек остается. В этом лежит глубокая разница между индивидуальным и целым. И в этом также следует искать частично объяснение множеству тех удивительных явлений наследственности, которые являются результатом бесчисленных веков ничтожно малого, но постоянного влияния.

Вообразите теперь человека как массу, на которую действует сила. Хотя это движение и не является движением поступательного характера, подразумевающего изменение местоположения, все же общие законы механического движения к нему применимы, и связанную с массой энергию можно измерить, в соответствии с хорошо известными принципами, как половину произведения массы на квадрат определенной скорости. Так же как с пушечным ядром, которое в покое обладает определенным количеством энергии в форме тепла, которую мы измеряем сходным образом. Мы представляем, что ядро состоит из бесчисленных маленьких частиц, называемых атомами или молекулами, которые вибрируют или кружатся вокруг друг друга. Мы определяем их массы и скорости, а из них энергию каждой *из* этих маленьких систем, и складывая их все вместе, получаем понятие о полной тепловой энергии, содержащейся в ядре, которое только кажется находящимся в покое. В этой чисто теоретической оценке эта энергия может быть рассчитана как произведение половины общей массы — то есть, половины суммы всех маленьких масс, — на квадрат скорости, которая определяется из скоростей отдельных частиц. Аналогичным образом мы можем представить себе человеческую энергию как половину человеческой массы умноженную на квадрат скорости, которую мы пока что не можем вычислить. Но недостаток у нас в этом знании не исказит истинность производимого мною вывода, который основывается на твердом фундаменте того, что во всем в природе действуют одни и те же законы массы и силы.

Человек, однако, — это не обычная масса, состоящая из вращающихся атомов и молекул, и содержащая лишь тепловую энергию. Он есть масса, обладающая определенными высшими качествами по причине созидательного принципа жизни, которой он наделен. Его масса, как вода в океанской волне, постоянно меняется, новая занимает место старой. И не только это, он еще растет, развивается и умирает, тем самым изменяя свою массу независимо и по весу, и по плотности. Что самое чудесное из всего, это что он способен увеличивать или уменьшать свою скорость движения с помощью таинственной силы, которой он обладает, отбирать больше или меньше энергии у другой материи и превращать ее в двигательную энергию. Но в каждый данный момент мы можем игнорировать эти медленные изменения и полагать, что человеческая энергия определяется как половина произведения человеческой массы на квадрат определенной гипотетической скорости. При этом мы можем вычислить эту скорость, и что бы мы ни приняли за стандарт ее измерения, мы должны, согласуясь с этой концепцией, прийти к заключению, что величайшая проблема науки состоит, и всегда будет состоять, в увеличении таким образом определенной энергии. Много лет назад, возбужденный прочтением интереснейшей работы, "Истории Интеллектуального Развития Европы" Драпера, я осознал, что решение этой вечной проблемы должно всегда быть главной задачей человека науки. Некоторые результаты моих собственных усилий в этом направлении я постараюсь кратко описать здесь.

Пусть далее, на схеме а, *M* обозначает человеческую массу. Эта масса приводится в движение в одном направлении силой *f,* которая ограничена частично фрикционной, а частично отрицательной силой *R,* действующей в направлении в точности противоположном, и замедляющей движение массы. Такая противодействующая сила присутствует в каждом движении, и ее надо учитывать. Разница между этими двумя силами есть результирующая сила/которая сообщает скорость *V* массе *M в* направлении стрелки, представляющей силу f. В соответствии с вышеизложенным, человеческая энергия будет тогда даваться произведением $1/2MV^2 = 1/2MVxV,$ где *M* — это полная масса человека в обычной интерпретации понятия '"масса", а *V* — это определенная гипотетическая скорость, которую, при нынешнем

состоянии науки, мы не в состоянии точно ни определить, ни измерить. Увеличить человеческую энергию, таким образом, равносильно увеличению этого произведения, и есть, как легко можно видеть, только три способа достичь этого, проиллюстрированные на схеме ниже. Первый способ, изображенный вверху рисунка, — это увеличить массу (как показано пунктирной окружностью, оставляя две противодействующие силы теми же. Второй способ — это уменьшить тормозящую силу *R* до меньшей величины r, оставляя теми же массу и движущую силу, что схематически показано в середине рисунка. Третий способ, который показан на последнем рисунке, — это увеличить движущую силу f до большего значения *F,* в то время как масса и тормозящая сила *R* остаются неизменными. Очевидно, есть жесткие пределы в том, что

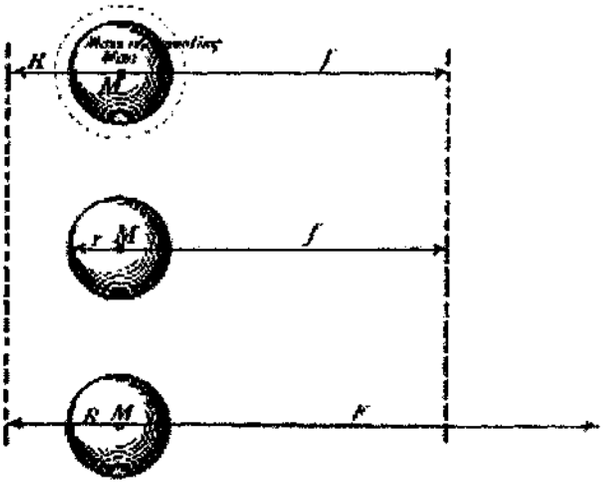


Схема а. Три пути увеличения человеческой энергии.

касается увеличения массы и уменьшения замедляющей силы, но движущая сила может увеличиваться бесконечно. Каждое из этих трех решений представляет собой один из различных аспектов главной задачи увеличения человеческой энергии, которая, таким образом, подразделяется на три разные задачи, которые и надо разрешить.

ПЕРВАЯ ПРОБЛЕМА: КАК УВЕЛИЧИТЬ МАССУ ЧЕЛОВЕКА — СЖИГАНИЕ АТМОСФЕРНОГО АЗОТА

Если рассматривать вопрос в целом, то очевидно есть только два пути увеличить м*ассу* человечества: первый, это развивая и поддерживая те силы и условия, которые способствует ее увеличению; и, второй, противостоя и уменьшая те, что стремятся снизить ее. Масса будет увеличиваться за счет внимательной заботы о здоровье, за счет здоровой пищи, умеренности, правильных привычек, содействия браку, добросовестного внимания к детям, и, говоря в целом, за счет соблюдения всех заповедей религии и гигиены. Но при добавлении новой массы к старой опять возникает три случая. Либо добавляемая масса имеет ту же скорость что и старая, либо ее скорость меньше, либо больше. Чтобы оценить относительную важность этих случаев, представьте поезд, состоящий, скажем, из ста локомотивов, движущийся по рельсам. И допустим, что для увеличения энергии движущейся массы к поезду добавляется еще четыре локомотива. Если эти четыре движутся с той же скоростью, с которой едет поезд, то полная энергия увеличится на четыре процента; если их скорость равна только половине скорости поезда, то приращение составит только один процент; а если они движутся со вдвое большей

скоростью, то энергия увеличится на шестнадцать процентов. Этот простой пример показывает, что чрезвычайно важно добавлять массу, имеющую более высокую скорость. Ближе к теме, если, например, дети имеют тот же уровень образования, что и родители, — то есть, масса "с той же скоростью", — то энергия будет расти просто пропорционально добавленному количеству. Если они менее умные или менее развитые, масса с "меньшей скоростью", тогда прирост энергии будет очень слабым. Но если они будут развиты лучше, масса с "большей скоростью", тогда вклад нового поколения в суммарную человеческую энергию будет весьма значительным. Добавление массы с "меньшей скоростью" свыше того необходимого количества, который требуется законом, выраженным пословицей *"Mens sana in corpore sano"*, должно быть строго противопоказано. К примеру, простое развитие мускул, на что нацелены некоторые из наших колледжей, я считаю эквивалентным добавлению массы с "меньшей скоростью" и не рекомендовал бы, хотя мои взгляды, когда я был студентом, были другими. Умеренные упражнения, обеспечивающие правильный баланс между умом и телом, и наивысшая эффективность деятельности — это, конечно, самое первоочередное требование. Вышеприведенный пример показывает, что самым важным результатом, к которому надо стремиться, является образование, или увеличение "скорости", новой массы, которая добавляется.

И наоборот, вряд ли нужно говорить о том, что все, что идет против учений религии и законов гигиены, стремится уменьшить массу. Виски, вино, чай, кофе, табак и любые другие подобные возбуждающие средства ответственны за сокращение многих жизней, и их потребление должно регулироваться. Но я не думаю, что достойны одобрения применявшиеся на протяжении многих поколений суровые меры по подавлению этих привычек. Проповедовать умеренность более мудро, чем абстиненцию. Мы уже привыкли к этим возбуждающим средствам, и если такого рода реформы выполняются, они должны быть медленными и постепенными. Те, кто тратит на это свои усилия, могли бы принести больше пользы, направив свои силы в других направлениях, например, на снабжение чистой водой.

На каждого, гибнущего от воздействий возбуждающих средств, по меньшей мере тысяча умирает в результате последствий питься нечистой воды. Эта драгоценная жидкость, которая ежедневно вливает в нас новую жизнь, в то же время является основным проводником, через который болезни и смерть входят в наше тело. Зародыши разрушения, которые через нее передаются, — это враги тем еще более ужасные, что они делают свое фатальное дело неощутимо для нас. Они выносят нам роковой приговор, в то время как мы живем и радуемся. Большинство людей настолько неосведомлены или беспечны в отношении питья воды, и последствия этого столь гибельны, что филантропы едва ли могут найти лучшее применение своим усилиям, чем постараться просветить тех, кто таким образом вредит себе. Систематическая очистка и стерилизация питьевой воды заметно увеличила бы человеческую массу. Следует сделать непреложным правилом — которое можно усилить еще и законодательно, — кипятить или иным путем стерилизовать воду в каждом доме и общественном месте. Просто фильтрование не дает достаточной защиты от инфекции. Весь лед для потребления внутрь должен изготавливаться искусственно из полностью стерилизованной воды. Важность уничтожения болезнетворных микробов из городской воды в целом осознается, но мало что делается для улучшения существующей ситуации, как нет и способа стерилизации больших количеств воды. С помощью передовых электрических средств мы теперь можем производить озон дешево и в больших количествах, и похоже, что это идеальное дезинфицирующее средство дает прекрасное решение этому важному вопросу.

Азартные игры, горячка бизнеса, возбуждение, в особенности на бирже, — это причины большого уменьшения массы, и тем более, что индивидуумы, которых это затрагивает, ценны. Неспособность заметить первые симптомы болезни, как и то, что беззаботное невнимание к ним, — это важные факторы смертности. Замечая каждый новый признак приближающейся опасности и сознательно и добросовестно принимая все возможные меры для ее предотвращения мы не только будем следовать мудрым законам гигиены, но и исполнять высокий моральный долг. Каждый должен относиться к своему телу как к бесценному подарку

от того, кого он любит превыше всего, как чудесное произведение искусства, неописуема красота и мастерство исполнения которого лежат за пределами человеческого понимания, и столь изящное и хрупкое, что одно лишь слово, дыхание, взгляд, даже мысль, могут ему повредить. Грязь, которая плодит болезнь и смерть, не только саморазрушительна, но еще и в высшей степени аморальна. Поддерживая наши тела свободным от инфекции, здоровым и чистым, мы выражаем свое почтение высшему принципу, которым они нам дарованы. Тот, кто в этом духе следует заповедям гигиены, тем самым доказывает свою истинную религиозность. Моральная распущенность — ужасное зло, которое отравляет ум и тело, и которое ответственно за огромное уменьшение человеческой массы в некоторых странах. Многие из бытующих ныне обычаев и склонностей работают на то же пагубный результат. Например, общественная жизнь, современное образование и другие устремления женщин, уводящие их из круга их домашних обязанностей и делающие из них мужчин, непременно умаляют тот возвышенный идеал, который они из себя представляют, уменьшают созидательную творческую энергию и ведут к бесплодию и общему ослаблению человеческого рода. Можно привести тысячу других зол, но все они вместе взятые, в том, что касается обсуждаемой проблемы, не сравнятся с одним — недостатком пищи, который несут с собой нищета, нужда и голод. Миллионы индивидуумов ежегодно умирают из-за нехватки пищи, уменьшая массу. Даже в наших просвещенных сообществах, и несмотря на множество благотворительных усилий, это все еще, по всей вероятности, главное зло. Я говорю не об абсолютном недостатке пропитания, но о недостатке здоровой пищи.

Как обеспечить хорошую и обильную пищу составляет таким образом самый важный вопрос дня. Исходя из общих принципов разведение скота в качестве средства пропитания предосудительно, потому что, в вышеизложенном смысле, это безо всяких сомнений ведет к добавлению массы с "меньшей скоростью". Несомненно более предпочтительным является разведение овощей, и думаю, что вегетарианство — достойный одобрения отказ от установившегося варварского обычая. То, что мы можем прожить на растительной пище и даже еще лучше выполнять свою работу, — это не теория, а хорошо доказанный факт. Многие народы, живущие практически полностью на овощах, имеют более хорошие физические данные и силу. Не вызывает сомнений, что некоторая растительная пища, такая как овсянка, более экономична, чем мясо, и превосходит его в том, что касается как умственной, так и механической производительности. Более того, такая пища определенно меньше нагружает наши пищеварительные органы, делает нас более довольными и дружественными, и приносит столько пользы, что ее трудно оценить. В свете этих фактов следует приложить все усилия, чтобы остановить бессмысленную и жестокую бойню животных, которая разрушительна для нашей нравственности. Чтобы освободиться от животных инстинктов и наклонностей, которые тянут нас вниз и мешают нашему развитию, мы должны начать с самых основ: нам следует провести радикальную реформу в характере, нашего питания.

По-видимому, в еде нет никакой философской необходимости. Можно представить себе организованных существ, живущих без пищи и получающих всю энергию, необходимую для выполнения жизненных функций, из окружающей среды. Кристалл дает нам ясное доказательство существования основополагающего созидательного жизненного принципа, и хотя мы не можем понять жизнь кристалла, это, тем не менее, живое существо. Помимо кристалла могут существовать и другие подобные индивидуализированные материальные системы существ, вероятно, газообразного строения, или состоящие из вещества еще более разреженного. В свете такой возможности, — даже вероятности, — мы не можем аподиктично отрицать присутствие организованной жизни на какой-либо планете просто потому, что условия на ней непригодны для существования жизни в той форме, как мы ее знаем. Мы не можем даже быть полностью убеждены, что некоторые из них не присутствуют здесь, в этом нашем мире, прямо рядом с нам, потому что их строение и жизненные проявления могут быть таковы, что мы неспособны их ощущать.

Естественно приходит в голову производство искусственной еды как средство вызвать рост человеческой массы, но такого рода прямая попытка обеспечить питание не кажется мне раци-

ональной, по крайней мере, для настоящего момента. Сможем ли мы процветать на такой пище — весьма сомнительно. Мы являемся результатом огромного периода постоянной адаптации, и мы не можем совершить радикальную перемену без непредвиденных и, со всей вероятностью, губительных последствий. Столь неопределенный эксперимент не следует пытаться ставить, Как мне кажется, на сегодня лучшим способом противостоять разрушительным воздействиям зла было бы найти пути повышения плодородности почвы. Поэтому сохранение лесов имеет важность, которую трудно переоценить. И также в этой связи следует всячески пропагандировать использование водяной энергии для целей электрического привода, что различными путями избавит от необходимости сжигания дерева и тем будет способствовать сохранению лесов. Ни модернизации, проводимой в этом и ему подобных направлениях есть переделы.

Чтобы существенно повысить плодородность почвы, она должна более эффективно удобряться искусственными способами. Вопрос производства пищи, таким образом, при разрешении вопроса как наилучшим способом удобрять почву решается сам собой. Что сделало почву такой, как она есть, до сих пор остается загадкой. Объяснить, как она произошла, возможно равносильно тому, чтобы объяснить происхождение самой жизни. Камни, разрушенные под влиянием влаги и тепла, ветра и погоды, сами по себе не могли поддерживать жизнь. Возникли некие необъяснимые условия, и начал действовать некий новый принцип, и сформировался первый слой, способный поддерживать низшие организмы вроде мхов. Они, живя и умирая, добавили в почву еще больше поддерживающего жизнь качества, и тогда смогли кормиться более высокие организмы, и так далее и тому подобное, пока в конце концов не смогли процветать высокоразвитые растения и животная жизнь. Но хотя теории, даже сейчас, не пришли в согласие, как же работает удобрение, но то, что почва не может бесконечно питать жизнь — есть факт, и очень хорошо доказанный. И должен быть найден некий способ снабжать ее теми обществами, которые извлекаются из нее растениями. Главными и наиболее ценными среди этих веществ являются соединения азота, и поэтому дешевое их производство — это ключ к решению архиважной проблемы пищи. Наша атмосфера содержит неисчерпаемое количество азота, и будь мы способны окислять его и производить эти соединения, это принесло бы неисчислимую пользу человечеству.

Давным давно эта идея сильно овладела воображением ученых мужей, но эффективные средства для достижения этого результата так и не были изобретены. Проблема чрезвычайно осложнялась из-за исключительной инертности азота, который отказывается соединяться даже с кислородом. Но здесь нам на помощь приходит электричество: скрытое сродство этого элемента пробуждается посредством электрического тока надлежащего вида. Как куча угля, которая в течение веков пребывала в контакте с кислородом без горения, вступает с ним в соединение после зажигания, так будет сгорать и азот, возбужденный электричеством. Правда, я до совсем недавнего времени не мог преуспеть в получении разрядов, которые бы эффективно возбуждали атмосферный азот. Хотя в Мае 1891, в ходе научной лекции, продемонстрировал новый вид разряда, или электрического пламени, названного "огнем Св. Эльма", который помимо прочего способен в изобилии генерировать озон, также проявившего свойство возбуждать химическое сродство. Этот разряд, или пламя, был тогда всего три или четыре дюйма длиной, и его химическое воздействие также было очень слабеньким, поэтому и процесс окисления азота был неэкономичным. Как интенсифицировать этот процесс — вот в чем был вопрос. Несомненно, нужно было получить электрические токи некоего особенного вида, чтобы сделать процесс окисления азота более эффективным.

Первый успех был достигнут, когда удалось убедиться, что химическая активность разряда очень сильно возрастает, если применять токи самой высокой частоты, или скорости, колебаний. Это было существенным усовершенствованием, но практическое рассмотрение вскоре установило определенный предел развитию в данном направлении. После этого были исследованы влияния электрического напряжения этих импульсов тока, их волновой формы и других характеристик и особенностей. Потом было изучено влияние атмосферного давления и

температуры, давления воды и других соединений, и в результате постепенно были достигнуты наилучшие условия для получения наиболее интенсивной химической реакции в разряде и достижения наибольшей эффективности процесса. Естественно, улучшения наступали не быстро; медленно, мало помалу, продвигался вперед. Пламя росло, становясь все больше и больше, а его окисляющее воздействие все более и более интенсивным. Из слабого разряда на щетках нескольких дюймов в длину он превратился в удивительный электрический феномен, ревущую мощь, сжирающую атмосферный азот и достигающую шестидесяти или семидесяти футов в поперечнике. Так постепенно реализовалась почти незаметная возможность. Еще не все сделано, во всех отношениях, но то, до какой степени мои усилия были вознаграждены, можно представить, посмотрев на Рис. 1, который вместе с подписью под ним сам все объясняет. Подобный пламени видимый разряд производится интенсивными электрическими осцилляциями, которые проходят через видимую на изображении катушку и неистово возбуждают наэлектризованные молекулы воздуха. Это создает сильное сродство между двумя обычно индифферентными составляющими атмосферы, и они легко соединяются, даже если не принимать никаких мер для усиления химического действия разряда. В производстве азотных соединений следует использовать любые возможные пути повышения интенсивности и эффективности этого процесса, и кроме того, нужно будет предпринимать специальные меры для фиксации получаемых соединений, поскольку они в целом нестабильны из-за того, что азот через короткий промежуток времени вновь становится инертным. Пар — простое и эффективное средство для перманентной фиксации соединений. Показанный эффект делает осуществимым окисление атмосферного азота в неограниченных количествах, просто с помощью дешевой механической энергии и простых электрических устройств. Этим путем можно производить множество соединений азота во всем мире, по низкой цене и в любых количествах, и с помощью этих соединений можно удобрять почву и неограниченно повышать ее плодородность. И так можно будет достичь изобилия дешевой и здоровой пищи, не искусственной, но привычной нам. Этот новый и неисчерпаемый источник продовольствия принесет неисчислимую пользу человечеству своим огромным вкладом в увеличение человеческой массы, который будет давать огромное приращение человеческой энергии. Вскоре, я полагаю, мир увидит рождение индустрии, которая со временем, я уверен, станет почти столь же важной, как и производство железа.

ВТОРАЯ ПРОБЛЕМА: КАК УМЕНЬШИТЬ СИЛУ, ТОРМОЗЯЩУЮ ЧЕЛОВЕЧЕСКУЮ МАССУ — ТЕХНИКА ТЕЛАВТОМАТИКИ

Как сказано выше, та сила, которая тормозит движение человека вперед, частично обусловлена трением, а частично отрицательна. Чтобы проиллюстрировать это различие, я могу например назвать невежество, глупость и слабоумие в качестве чисто фрикционных сил или сопротивлений, не основанных на каком бы то ни было осмысленном стремлении. С другой стороны, мечтательность, душевные болезни, стремления к саморазрушению, религиозный фанатизм и тому подобное — это все силы отрицательного, негативного характера, действующие в определенном направлении. Чтобы уменьшить или полностью преодолеть эти разнородные тормозящие силы, надо использовать совершенно разные методы. Известно, например, что может сотворить фанатик, и можно предпринять превентивные меры, можно просветить, убедить, и быть может, направить его, обратив этот порок на пользу. Но никто не знает, да и не может знать, что сделает глупый и тупой человек или слабоумный, и с ним надо обращаться как с инертной лишенной разума массой, которую охватило безумие. Негативная сила всегда подразумевает некое качество, нередко высокое, хотя и неверно направленное, которое возможно обратить на службу добру; но ненаправленные, фрикционные силы влекут неизбежные потери. Естественно, поэтому, первый и самый общий ответ на заданный выше вопрос звучит так: на-

правьте все негативные силы в правильном направлении и уменьшите все фрикционные силы.

Не может быть никаких сомнений в том, что из всех фрикционных видов сопротивления больше всего тормозит человеческое движение невежество. Не просто так было сказано мудрым человеком, Буддой: "Невежество есть величайшее из зол в мире." Трение, проистекающее из невежества, и многократно усиливающееся благодаря множеству языков и национальностей, можно уменьшить только путем распространения знания и унификации гетерогенных элементов человечества. Лучше ничего сделать нельзя. Но хотя невежество, быть может, тормозило движение человека вперед в прошлые времена, сегодня, определенно, негативные силы стали значить больше. Среди них есть одна, значение которой превосходит все остальные. Она называется организованным ведением войны. Если мы посмотрим на миллионы индивидуумов, часто самых одаренных умственно и физически, цвет человечества, обреченных на бездеятельную и непродуктивную жизнь, на огромные суммы денег, ежедневно идущие на содержание армий и военной техники, и являющие собой настолько много человеческой энергии, на весь труд, бесполезно затраченный на производство оружия и орудий уничтожения, на потери жизни и воспитание варварского духа, то мы ужаснемся тем неисчислимым потерям для человечества, которые влечет существование всей этой плачевной ситуации. Что мы должны сделать, чтобы наилучшим образом бороться с этим великим злом?

Для закона и порядка содержание организованной силы абсолютно необходимо. Ни одно сообщество не может благополучно существовать без жесткой дисциплины. Каждая страна должна в случае необходимости быть способна защитить себя. Сегодняшняя ситуация — это не результат вчерашней, и радикальные перемены нельзя провести завтра. Если бы народы вдруг сразу разоружились, то более чем вероятно, что последовало бы наступление состояния худшего, чем война. Вселенский мир — мечта красивая, но сразу неосуществимая. Мы видели недавно, что даже благородные устремления человека, облеченного величайшей властью в мире, практически не возымели результата. И ничего удивительного, если установление вселенского мира в настоящее время является физически невозможным. Война — это негативная сила, и ее нельзя повернуть в позитивном направлении не пройдя промежуточных фаз. Это как проблема заставить колесо, вращающееся в одну сторону, повернуть в противоположную сторону без замедления его, остановки, и разгона вновь в другом направлении.

Утверждалось, что создание пушек огромной разрушительной мощи остановит войну. Я сам так думал долгое время, но сейчас я считаю, что это глубокая ошибка. Такого рода разработки сильно ее меняют, но не останавливают. Напротив, полагаю, что каждое новое оружие, которое изобретается, каждое новое продвижение в этом направлении, лишь привлекают новые таланты и умения, новые усилия, дают новый стимул, тем самым только давая свежий толчок к дальнейшему развитию. Подумайте об изобретении пороха. Можем ли мы вообразить себе более радикальный переворот, чем тот, что последовал из этого новшества? Давайте представим, что мы живем в тот период: разве не подумали бы мы, что войнам приходит конец, когда рыцарская броня становится объектом насмешек, когда физическая сила и мастерство, столь много значившие раньше, становятся столь малозначительными? Даже порох не остановил войны; совсем наоборот — он сработал как самый мощный стимул. Не верю я и в то, что войны когда-нибудь остановит какое-либо достижение науки или мысли, пока существует преобладающая и поныне ситуация, потому что война сама стала наукой, и потому, что война вызывает одни из самых священных чувств, на которые способен человек. На самом деле, сомнительно, чтобы человек, не готовый сражаться за высокий принцип, был бы хорош в чем-нибудь еще. Человека делает не ум и не тело; это и ум, и тело. Наши достоинства и недостатки неразделимы, как сила и материя. Когда они разделяются, человека больше нет.

Часто приводится и другой аргумент, имеющий множество сторонников, а именно, что война скоро станет невозможной, потому что средства защиты превзойдут средства нападения. Есть же фундаментальный закон, который можно выразить утверждением, что легче разрушить, чем построить. Этот закон определяет человеческие возможности и человеческие обстоятельства. Если бы было так, что строить проще чем разрушать, человек

беспрепятственно продвигался бы вперед, созидая и накапливая без какого-либо ограничения. Такого на этой планете нет. Создание, которое могло бы так делать, — это не человек. Может, быть, это собака. Защита всегда будет иметь преимущество перед нападением, но одно только это, как мне кажется, никогда войну остановить не сможет. С помощью новых принципов обороны мы можем сделать гавани неуязвимыми для нападения, но мы не может теми же способами предотвратить встречу двух боевых кораблей в бою в открытом море. И далее, если мы доведем эту мысль до крайности, мы придем к заключению, что для человечества было бы лучше, если бы нападение и защита были бы связаны как раз наоборот: потому что если каждая страна, даже самая маленькая, могла бы окружить себя абсолютно непроницаемой стеной, и игнорировать весь остальной мир, положение вещей стало бы чрезвычайно неблагоприятным для человеческого прогресса. Именно при уничтожении всех барьеров, разделяющих народы и страны, цивилизация развивается лучше всего.

Опять же, многие утверждают, что приход летающих машин должен принести с собой вселенский мир. Это я также считаю полностью ошибочным воззрением. Летающие машины обязательно придут, и очень скоро, но ситуация останется той же, что и раньше. На самом деле, я не вижу причин, почему главенствующая сила, например, Великобритания, не может править воздухом так же, как и морем. Не желая выступать в качестве предсказателя, я все же не колеблясь скажу, что ближайшие годы станут свидетелями установления "воздушной власти", и ее центр может оказаться недалеко от Ньо Йорка. Но все-таки люди будут летать.

Идеальное развитие принципа войны неизбежно привело бы к преобразованию всей энергии войны в чистый потенциал, взрывную энергию, как в электрическом конденсаторе. В этом виде военная энергия может поддерживаться без приложения усилий; и она станет намного меньше по количеству, и в то же время несравненно более эффективной.

Что касается безопасности страны в отношении вторжения извне, интересно отметить, что она зависит лишь от относительного, не абсолютного, количества индивидуумов или амплитуды сил, и что если каждая страна уменьшит военную силу в одной и той же пропорции, безопасность останется неизменной. Международное соглашение с целью уменьшения до минимума военной силы, в свете настоящего все еще недостаточного образования масс, абсолютно необходимо, и оно было бы, как кажется, первым рациональным шагом по направлению к снижению силы, тормозящей человеческое движение.

По счастью, существующая ситуация не может продолжаться бесконечно, потому что новый элемент начинает предъявлять свои права. Изменения к лучшему неизбежны, и я теперь постараюсь показать, каким, в соответствии с моими идеями, будет первый шаг вперед в установлении мирных взаимоотношений между народами, и как он в итоге будет сделан.

Давайте вернемся к самому началу, когда единственным законом был закон сильного. Свет разума еще не был зажжен, и слабый был полностью на милости сильного. Тогда слабый индивидуум начал искать способ защитить себя. Он использовал дубину, камень, копье, пращу, или лук и стрелы, и с течением времени вместо физической силы главным решающим фактором в битве стал интеллект. Дикие нравы постепенно смягчились, когда стали пробуждаться возвышенные чувства, и так, незаметно, после многих веков постоянного прогресса, мы пришли от грубой драки неразумных животных к тому, что мы называем сегодня "цивилизованным ведением войны", когда бойцы жмут друг другу руки, по-дружески беседуют и курят в антрактах сигары, готовые вновь по сигналу ввязаться в смертельную схватку. Пусть пессимисты говорят, что хотят, здесь налицо абсолютное доказательство огромного и радующего прогресса.

Но сейчас спросим, какая следующая фаза этого развития? В любом случае, никак не мир. Следующим изменением, которое естественным образом следует из современных достижений, должно стать постоянное сокращение численности индивидуумов, участвующих в сражении. Машина будет чрезвычайно большой мощности, но для управления ею потребуется всего лишь несколько индивидуумов. Эта эволюция будет все делать машины и механизмы со все меньшим числом индивидуумов все более и более значимыми в качестве элемента военных действий, и

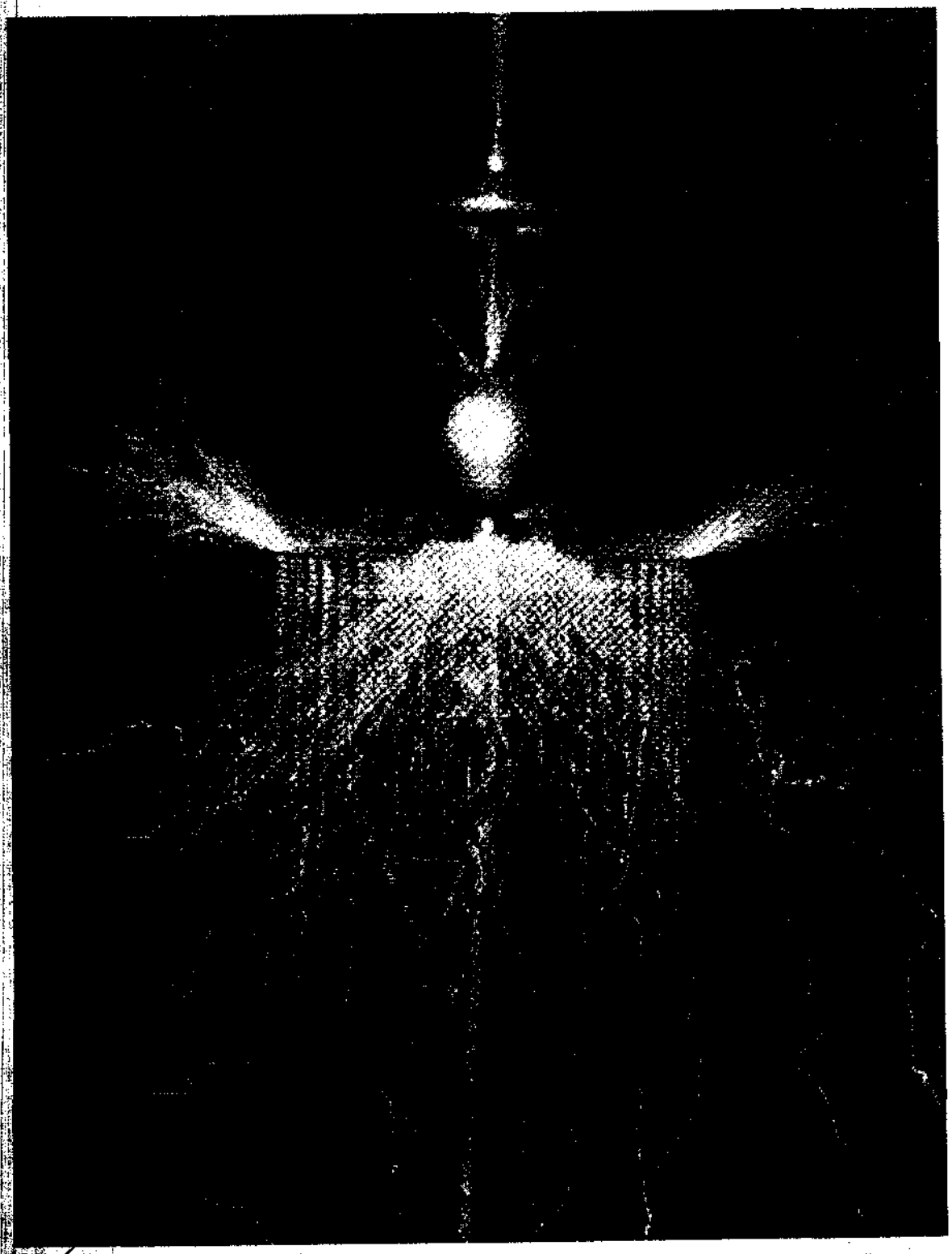


Рис.2. ПЕРВАЯ ПРАКТИЧЕСКАЯ ТАЛАВТОМАТИЧЕСКАЯ МАШИНА.

Машина, всеми поступательными движениями и движениями частей которой, а также всеми действиями внутренних механизмов которой управляют на расстоянии без проводов. Беспилотная лодка, показанная на фотографии, имеет собственный источник двигательной энергии, ходовые и рулевые механизмы, и множество других устройств, которые все управляются передачей на расстоянии, без проводов, электрических колебаний цепям, находящимся на борту лодки, и настроенных так, чтобы реагировать только на эти колебания.

абсолютно неизбежным следствием этого будет отказ от больших, неповоротливых, медленно движущихся и неуправляемых средств. Наибольшая возможная скорость и максимальное отношение энергия-доставка боевой машины станут главной целью. Потери жизни будут становиться все меньше и меньше, и в конце концов, по мере уменьшение количества индивидуумов, в битве будут сходиться только машины, не проливая крови, а народы будут просто заинтересованными, амбициозными зрителями. Когда наступит эта прекрасная ситуация, мир будет гарантирован. Но неважно, до какой степени разовьются скорострельное оружие, сверхмощные пушки, разрывные снаряды, торпедные лодки, или другие орудия войны, не важно, насколько они могут стать разрушительными, та ситуация никогда не будет достигнута ни через какое подобное развитие. Все эти орудия требуют для их управления наличия человека; люди являются необходимыми деталями этих машин. Их цель — убивать и разрушать. Их сила в их способности творить зло. Пока в битве сходятся люди, она будет кровопролитной. Кровопролитие всегда будет подогревать варварские страсти. Чтобы прекратить эти жестокие нравы, надо сделать радикальный шаг, должен быть введен совершенно новый принцип, что-нибудь, чего никогда не было в ведении войны — принцип, который принудительно, неизбежно превратит битву в простое зрелище, спектакль, состязание без потери крови. Чтобы добиться этого результата, нужно, чтобы обходилось без людей: машина должна драться с машиной. Но как этого достичь, ведь это кажется невозможным? Ответ достаточно прост: создать машину, которая могла бы действовать как если бы она была частью человеческого существа — не просто механическое приспособление, состоящее из рычагов, винтов, колес, муфт, и ничего более, но машина, воплощающая в себе более высокий принцип, который позволит ей выполнять свою работу так, словно у нее есть интеллект, опыт, разум, суждение и ум! Это утверждение — результат моих размышлений и наблюдений, в течение практически всей моей жизни, и сейчас кратко опишу, как я пришел к реализации того, что на первый взгляд кажется невыполнимой мечтой.

Давно, когда я был мальчишкой, я страдал странным недугом, который, по-видимому, был обусловлен исключительной возбудимостью сетчатки. Это было возникновение картин, которые своей устойчивостью затмевали видение реальных объектов и взаимодействовали с мыслями. Когда мне говорили слово, образ объекта, который оно обозначает, живо возникало перед моим взором, и часто для меня было невозможно сказать, реален ли объект, который я вижу, или нет. Это вызывало у меня огромный дискомфорт и беспокойство, и я изо всех сил пытался освободиться от наваждения. Но долгое время все мои попытки были напрасными, и у меня ничего не получалось, пока, как я все еще ясно помню, когда мне было около двенадцати лет, у меня не получилось первый раз, усилием воли, отогнать образ, который мне явился. Никогда я не был настолько полностью счастлив, как тогда, но к сожалению (как я тогда думал), старая беда вернулась, а с ней и мое беспокойство. С этого времени и начались те самые наблюдения, о которых говорил. А именно, я заметил, что когда бы не появлялся перед моим взором образ объекта, я до этого видел что-то, что напомнило мне о нем. В первые разы считал это чистыми совпадениями, но скоро я убедился, что это не так. Зрительное впечатление, сознательно или бессознательно полученное, неизменно предшествовало появлению образа. Постепенно во мне появилось желание каждый раз находить, что заставило образ появиться, и удовлетворение этого желания вскоре превратилось в настоятельную потребность. Следующее наблюдение, которое я сделал, состояло в том, что точно так же, как эти образы возникали в результате чего-то, что я увидел, так же и мысли, приходящие мне в голову, подсказываются похожим образом. И снова я ощутил желание обнаруживать образ, вызвавший мысль, и этот поиск исходного зрительного впечатления вскоре стало второй натурой. Мой разум стал действовать автоматически, и в течение последующих лет, почти бессознательно, я приобрел способность находить каждый раз, и, как правило, мгновенно, зрительное впечатление, которое запустило мысль. И это не все. Вскоре после этого я осознал, что также и все мои движения были подсказаны тем же путем, и так, постоянно ища, наблюдая и проверяя, год за годом, я каждой своей мыслью и каждым своим действием показал, и делаю это ежедневно, к полному своему удовлетворению, что я являюсь автоматом, наделенным энергией движения, который просто отвечает на внешние стимулы, бьющие по мои органам чувств, и думающий и двигающийся и

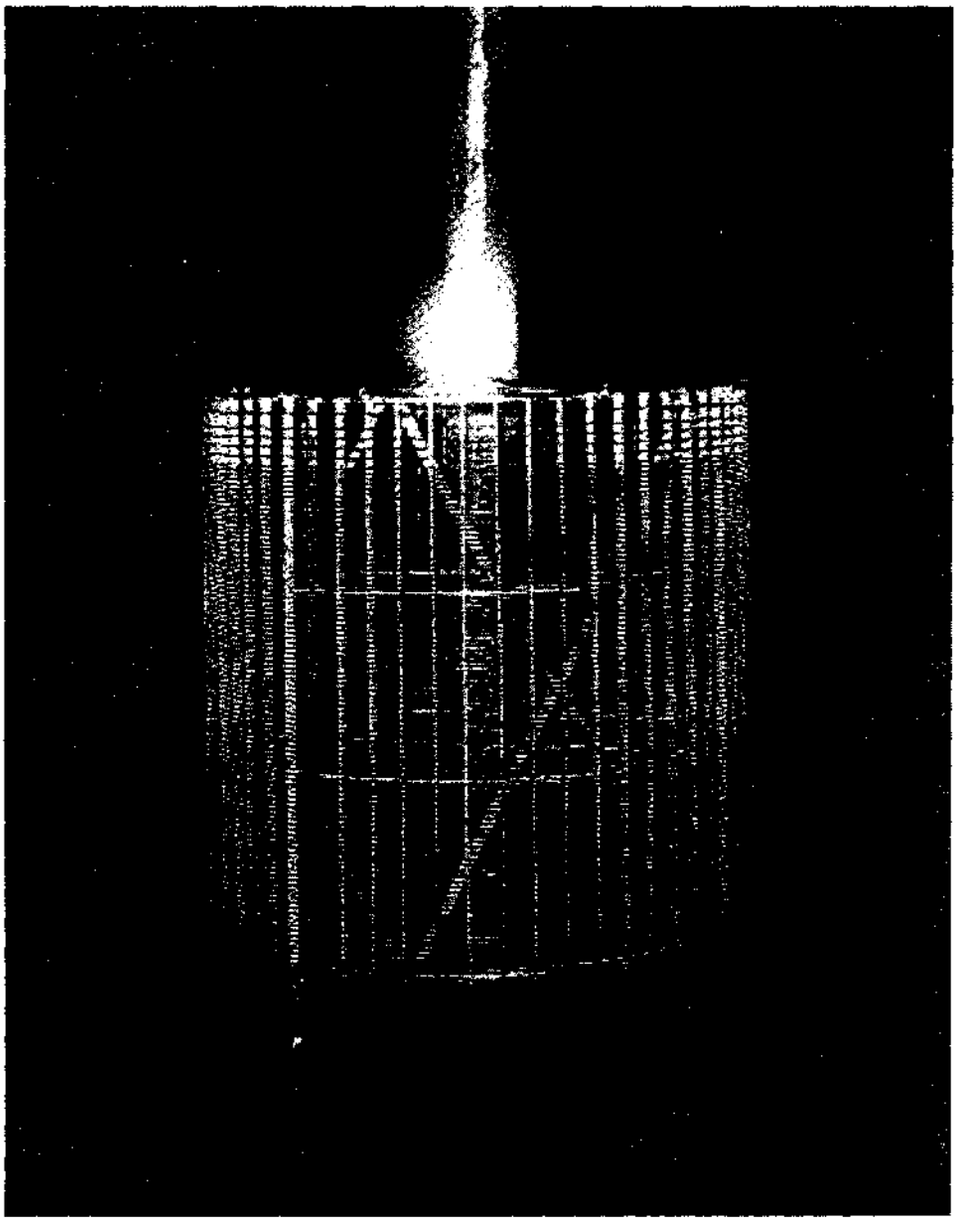


Рис. 3. ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ДЕМОНСТРАЦИИ ПОДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ ОДИН ПРОВОД БЕЗ ОБРАТНОГО ПРОВОДА.

На фотографии показано, как обычная лампа накаливания, подключенная одним или обоими своими контактами к проводу, **образующему верхний свободный конец катушки, светится от электрических вибраций,** передаваемых ей через **катушку от электрического осциллятора, который работает всего лишь на одну пятую процента** своей полной мощности.

действующий соответственно. Я помню всего один или два случая за всю мою жизнь, когда я не мог обнаружить первое впечатление, которое подсказало движение или мысль, или даже сон.

При наличии такого опыта было просто естественным, что мне, давно, пришла идея сконструировать автомат, который бы механически представлял собой меня, и который бы откликался, как это делаю я, но, конечно, в гораздо более примитивной манере, на внешние воздействия. Такой автомат очевидно должен был обладать двигательной энергией, органами для передвижения, управляющими органами, и одним или более органов чувств, приспособленных так, чтобы они реагировали на внешние стимулы. Такая машина, как я считал, двигалась бы на манер живого существа, потому что она бы обладала всеми главными механическими свойствами или элементами оного. Оставались еще способность к росту, размножению, и, превыше всего, разум, которые бы требовались, чтобы сделать модель полной. Но в данном случае рост был необязательным, потому что машина могла создаваться уже полностью выросшей, скажем так. Что до способности к размножению, ее тоже можно было оставить за пределами рассмотрения, потому что в механической модели это означает просто процесс производства. Сделан автомат из мяса и костей, или из дерева и стали, разница невелика, если только он может выполнять все функции, которые от него требуются как от разумного существа. Чтобы это делать, у него должен быть элемент, соответствующий мозгу, который бы выполнял управление всеми его движениями и функциями, и побуждал бы его действовать, в любом непредвиденном случае, который может представиться, со знанием, разумом, суждением и опытом. Но этот элемент я мог легко воплотить в нем, передав ему мой собственный интеллект, мое собственное понимание. Так развивалось это изобретение, и так появилась к жизни новая наука, которую было предложено назвать '"телавтоматика", что означает науку об управлении движениями и действиями удаленных автоматов.

Этот принцип, очевидно, применим к машине любого вида, которая движется по земле, в воде или по воздуху. Применяя его в первый раз, я выбрал лодку (см. Рис. 2). Находящаяся внутри аккумуляторная батарея обеспечивала двигательную энергию. Гребной винт, приводимый в движение мотором, представлял двигательные органы. Руль, управляемый другим мотором, также работающим от этой батареи, занял место управляющих органов. Что касается органа чувств, очевидно, первой мыслью было использовать прибор, реагирующий на лучи света, вроде селеновой ячейки, который бы соответствовал человеческому глазу. Но при ближайшем рассмотрении я обнаружил, что из-за экспериментальных и других трудностей нельзя добиться полностью удовлетворительного управления автоматом при помощи света, лучистого тепла, излучения Герца, или с помощью лучей в целом, то есть, возмущений, которые распространяются через пространство по прямым линиям. Одна из причин состояла в том, что любое препятствие, возникающее на пути между оператором и удаленным автоматом, лишит его управления. Другая причина состояла в том, что чувствительный прибор, представляющий собой глаз, должен был бы находиться в фиксированном положении относительно дистанционно управляемого аппарата, и эта необходимость наложила бы огромное количество ограничений на управление. Еще одна и очень важная причина — то, что при использовании лучей было бы трудно, если не невозможно, придать автомату индивидуальные черты или свойства, которые бы отличали его от других машин этого вида. Очевидно, автомат должен реагировать лишь на индивидуальный вызов, как человек откликается на имя. Эти рассуждения привели меня к заключению, что чувствительный прибор этой машины должен соответствовать уху, а не глазу, человеческого существа, потому что в этом случае его действиями можно было бы управлять безотносительно к возникающим препятствиям, независимо от его положения относительно удаленного управляющего аппарата, и последнее, но не по важности, — это что ом останется глух и безответен как верный слуга ко всем сигналам, кроме как от его хозяина. Эти требования вынуждали применять в управлении аппаратом вместо света — или других лучей, — волны или возмущения, которые распространяются через пространство во всех направлениях, как звук, или которые следуют пути наименьшего сопротивления, как бы он ни был искривлен. Я добился поставленной цели с помощью электрической цепи, размещенной

внутри лодки, и отрегулированной, или "настроенной", точно на вибрации определенного вида, передаваемые ей от удаленного "электрического осциллятора". Эта цепь своей реакцией, пусть и очень слабой, на передаваемые вибрации влияла на магниты и другие приспособления, посредством которых осуществлялось управление движениями винта и руля, а также работой множества других устройств.

С помощью этих простых средств, которые описал, в машину были вложены знание, опыт суждение — разум, так сказать, удаленного оператора, и она тем самым могла выполнять все свои действия разумно и осмысленно. Она вела себя как человек с завязанными глазами, повинующийся приказам, которые он слышит ушами.

Автоматы, созданные до сих пор, имели, скажем так, "позаимствованные мозги", просто как составная часть удаленного оператора, передающего ей свои разумные команды. Но эта наука только зарождается. Я собираюсь показать, что каким бы невозможным это ни могло показаться, можно придумать аппарат, который будет иметь свои "собственные мозги", и под этим я понимаю то, что он будет способен независимо от оператора, оставленный наедине с самим собой, выполнять, в ответ на внешние воздействия, воспринимаемые его органами чувств, огромное разнообразие действий и операций так, как если бы он был разумен. Он будет способен следовать проложенному курсу или выполнять приказы, данные ему заранее; он сможет различать, что он должен делать, а что не должен, и накапливать опыт, или, иначе, записывать впечатления, и это будет влиять на его последующие действия. На самом деле, я уже разработал такой проект.

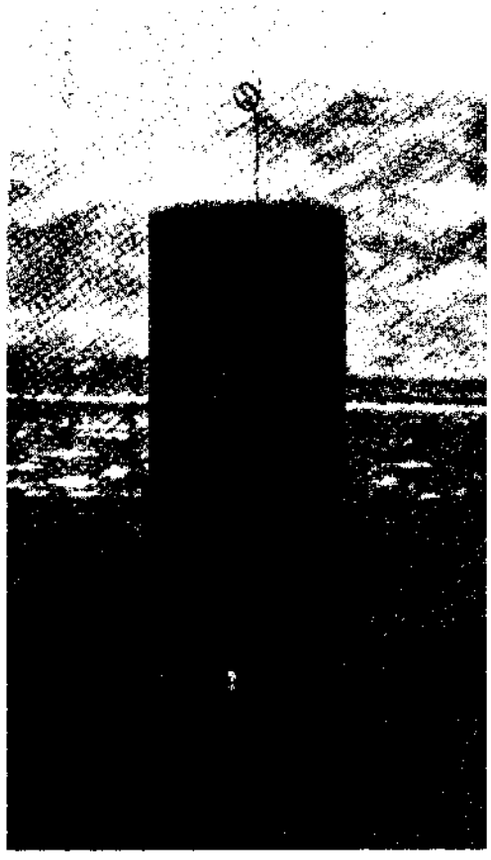


Рис. 4. ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ ИЛЛЮСТРАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ ЗЕМЛЮ БЕЗ ПРОВОДОВ.

У катушки, показанной на фотографии, нижний конец или контакт соединен с землей, и она точно настроена на вибрации удаленного электрического осциллятора. Лампа находится в независимой петле из провода, через которую идет ток в результате индукции от катушки, возбуждаемой электрическими вибрациями, передаваемыми ей через землю от осциллятора, который работает только на пять процентов своей полной мощности.

Хотя я начал развивать это изобретение много лет назад и часто объяснял его своим посетителям на лабораторных демонстрациях, но только лишь намного позже, по прошествии длительного времени после того, как я разработал его, оно стало известным, когда оно послужило началом дискуссиям и вызвало сенсационные репортажи, и это достаточно естественно. Но истинное значение этой новой науки большинство еще не ухватило, как и не осознало оно великой силы лежащего в ее основе принципа. Настолько, насколько могу судить по многочисленным комментариям, полученные мной результаты считаются совершенно невозможными. Даже те немногие, кто был настроен допустить

осуществимость изобретения, рассматривали его просто как самодвижущуюся торпеду, которая должна применяться для подрыва военных кораблей, и с несомненным успехом. Общее впечатление было, что я намеревался просто управлять таким судном посредством Герцевых или иных лучей. Есть торпеды, управляемые электрически по проводам, и есть средства

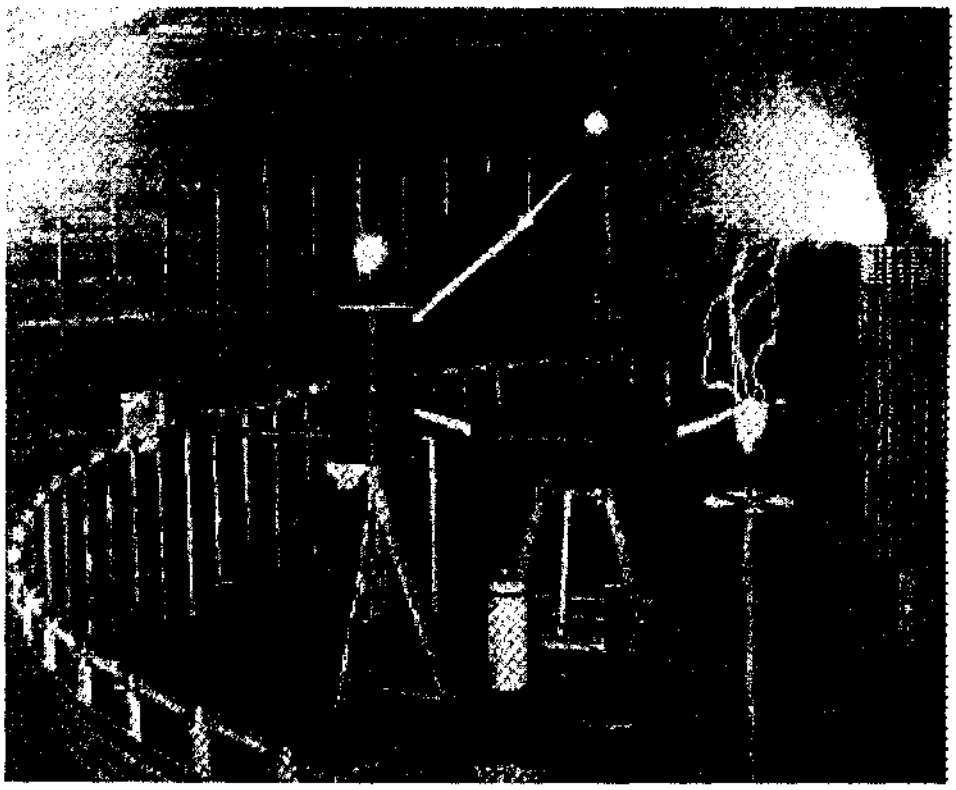


Рис. 5. ФОТОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ КАТУШЕК, РЕАГИРУЮЩИХ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ.

На рисунке показано несколько катушек, по-разному настроенных и отвечающих на вибрации, передаваемые им через Землю от электрического осциллятора. Большая катушка справа, сильно разряжающаяся, настроена на основную вибрацию в пятьдесят тысяч в секунду; две более крупных вертикальных катушки — на вдвое большее число, катушка меньшего размера из белого провода — на вчетверо большее число, а остальные маленькие катушки на более высокие тона. Производимые осциллятором вибрации были настолько интенсивными, что они заметно воздействовали на маленькую катушку, настроенную на тон в двадцать шесть раз выше.

беспроводной связи, и вышесказанное, было конечно очевидным умозаключением. Даже если бы не сделал ничего, кроме этого, я на самом деле все равно добился бы небольшого прогресса. Но технология, которую я развиваю, не ставит целью просто изменение направления движения судна; она предоставляет средства абсолютного контроля, во всех отношениях, над всеми бесчисленными видами поступательных движений, а также действий всех внутренних органов, неважно сколько их, индивидуализированного автомата. Критика в том смысле, что управлению автомата может что-то помешать, выражают люди, которые не могут даже в мечтах представить себе чудесные результаты, которых можно достичь с помощью электрических вибраций. Мир движется медленно, и новые истины разглядеть трудно. Определенно, применение этих принципов может дать новое оружие как нападения, так и обороны, разрушительность которого будет тем большей, что этот принцип будет применен к

подводным и воздушным судам. Практически нет ограничений ни на количество взрывчатки, которые он может нести, ни на расстояние, на котом он может нанести удар, и не попасть практически невозможно. Но сила этого нового принципа не ограничивается одним только разрушением. Его приход приносит в приемы ведения войны элемент, которого до этого никогда не было — боевую машину без человека как средство нападения и обороны.

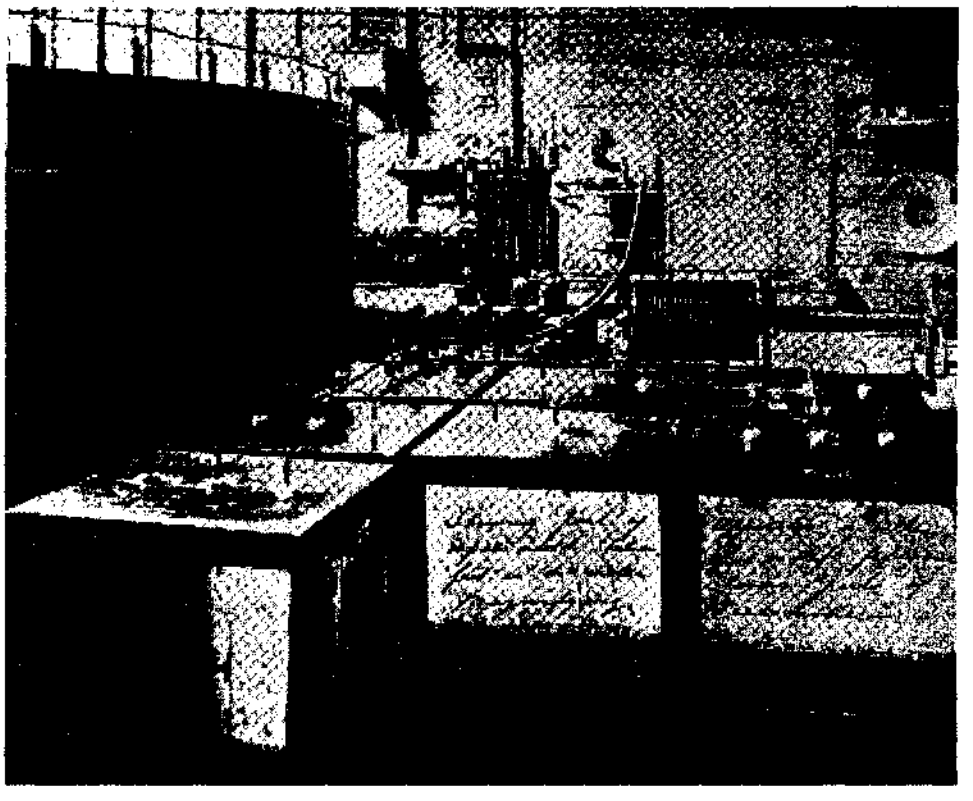


Рис. 6. ФОТОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ГЛАВНЫХ ЧАСТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА, КОТОРЫЙ ИСПОЛЬЗОВАЛСЯ В ОПИСАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ.

Продолжительное развитие в данном направлении в конечном итоге должно превратить войну в соперничество машин без людей и без потерь жизни — ситуацию, которая была бы невозможной без этого нового направления, и которая, по моему мнению, должна настать как преддверие к постоянному миру. Будущее либо подтвердит эти взгляды, либо опровергнет их. Мои идеи в этом вопросе были выдвинуты с глубоким убеждением, но со смиренным духом.

Установление постоянных мирных отношений между народами существенно бы уменьшило силу, замедляющую человеческую массу, и было бы наилучшим решением этой огромной проблемы человека. Но осуществится ли мечта о всеобщем мире когда-нибудь? Давайте надеяться, что да. Когда свет науки рассеет всю тьму, когда все народы сольются в один, и патриотизм станет идентичен религии, когда станет один язык, одна страна, одна цель, тогда наконец мечта эта станет реальностью.

ТРЕТЬЯ ПРОБЛЕМА: КАК УВЕЛИЧИТЬ СИЛУ УСКОРЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ МАССЫ — ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Из трех возможных решений главной проблемы увеличения человеческой энергии разобрать эту важнее всего. Не только из-за ее собственного значения, но и из-за лежащих в ее основе всех многочисленных элементов и условий, которые определяют движение человечества. Чтобы разобраться в ней систематически, мне нужно изложить все те размышления, которые в моих усилиях направляли меня к решению с самого начала, и которые привели меня, шаг за шагом, к тем результатам, которые я сейчас буду описывать. Конечно, было бы очень хорошо предварительно изучить проблему, провести аналитическое исследование, вроде того, которое я до этого проделал, главных сил, которые определяют движение, и особенно это было бы полезно для того, чтобы составить представление о той гипотетической "скорости", которая, как объяснялось в самом начале, есть мера человеческой энергии. Но чтобы разобраться в этом



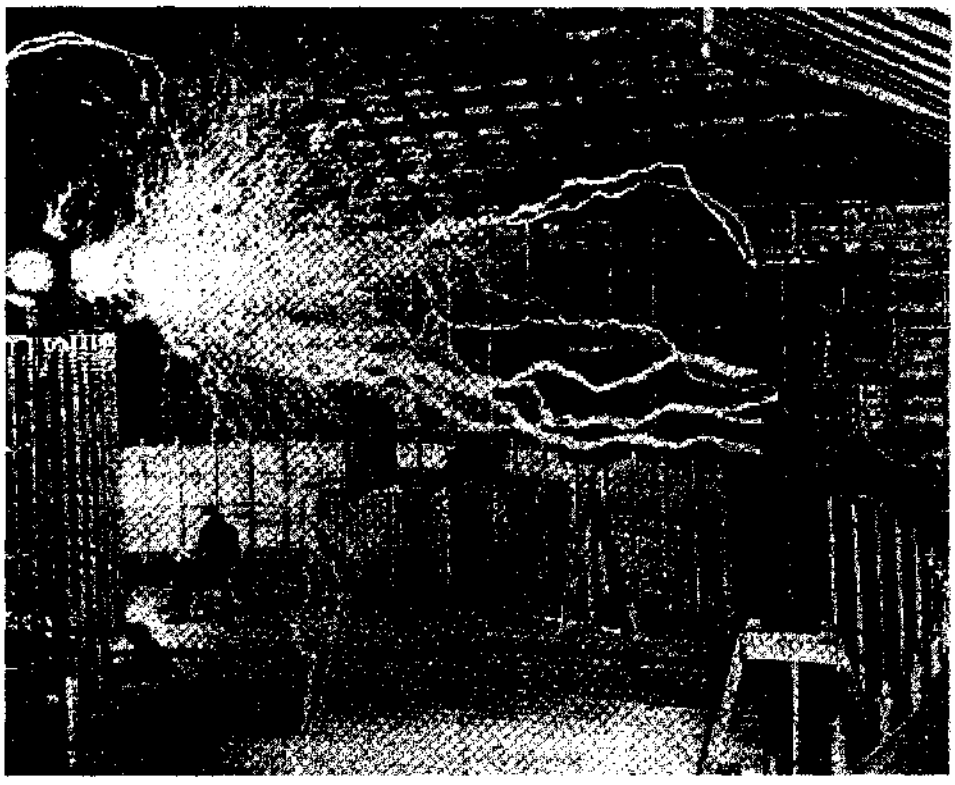
Рис. 7. ЭКСПЕРИМЕНТ, ДЕМОНСТРИРУЮЩИЙ ИНДУКТИВНЫЙ ЭФФЕКТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА ОГРОМНОЙ МОЩНОСТИ.

На фотографии показаны три обычные лампы накаливания, светящие в их полную световую силу в результате прохождения токов, индуцированных в локальной петле, состоящей из одного провода, образующего квадрат, каждая сторона которого составляет пятьдесят футов, и который находится на расстоянии ста футов первичной цепи, питаемой осциллятором. В петля также стоит электрический конденсатор, и она точно настроена на вибрации осциллятора, который работает меньше чем на пять процентов его полной мощности.

здесь настолько подробно, насколько мне бы хотелось, пришлось бы выйти далеко за пределы настоящего предмета. Будет достаточно сформулировать утверждение, что результирующая всех этих сил всегда направлена в направлении разума, который, таким образом, во все времена определяет направление человеческого развития. Это означает то же, что сказать, что каждое

усилие, которое применяется научно, разумное, полезное, или практическое, должно быть в том направлении, в каком движется масса. Практичный, рациональный человек, исследователь, человек бизнеса, тот, кто продумывает, заранее рассчитывает, определяет, тщательно выверяет свои усилия так, чтобы когда они подействуют, то подействуют в направлении движения, тем самым делая их наиболее эффективными, и в этом знании и способности лежит секрет его успеха. Каждый новый открытый факт, каждый новый опыт или новый элемент, добавленный к нашему знанию и ставший достоянием разума, оказывает на оный влияние, и тем самым меняет направление движения, которое, тем не менее, должно всегда происходить вдоль равнодействующей всех усилий, которые мы в этот момент считаем разумными, то есть, способствующими самосохранению, полезными, выгодными или практичными. Эти усилия касаются нашей повседневной жизни, наших потребностей и удобств, нашей работы и бизнеса, и именно это и движет человека вперед.

Но посмотрим на весь этот шумный деловой мир вокруг нас, на всю эту сложную массу, как она пульсирует и движется, каждый день, — что это, как не огромный часовой механизм,



Примечание к Рис. 8. — Катушка, частично видимая на фотографии, создает альтернативное движение электричества от Земли в большой резервуар и обратно со скоростью частотой в сто тысяч перемен в секунду. Настройка такова, что резервуар полностью наполняется и разряжается на каждой перемене как раз в тот момент, когда электрическое напряжение достигает максимума. Разряд выходит с оглушительным звуком, ударяя в ни к чему не подсоединенную катушку на расстоянии двадцать два фута и создавая такое ответное движение электричества в Земле, что от водопроводной трубы на расстоянии трехсот футов от лаборатории могут получаться искры длиною в дюйм.

приводимый в движение пружиной? Утром, когда мы просыпаемся, мы не можем не заметить, что все предметы вокруг нас произведены машинами: вода, которой мы пользуемся, поднимается энергией пара; поезда издалека везут наши завтраки; подъемники в наших

жилищах и в наших офисах, машины, везущие нас туда, все приводятся в движение энергией; во всех наших дневных делая, во всем, что мы делаем в нашей жизни, мы зависим от нее; все предметы, которые мы видим, говорят нам об этом; и когда мы возвращаемся на ночь в наши построенные машинами жилища, то чтобы мы не забыли об этом, все материальные удобства в нашем доме, наша плита, лампа, напоминают нам, как сильно мы зависим от энергии. И когда происходит аварийна остановка машин, когда город засыпает снегом, или еще что-то временно останавливает движение жизни, мы с испугом осознаем, насколько невозможно было бы для нас жить той жизнью, которой мы живем, без движущей энергии. Движущая энергия означает работу. И увеличить силу, которая ускоряет человеческое движение, тем самым означает выполнять больше работы.

Таким образом, мы обнаруживаем, что три возможных решения великой проблемы увеличения человеческой энергии описываются тремя словами: пища, мир, работа. Много лет я размышлял и взвешивал, терялся в рассуждениях и теориях, изучая человека как массу, движимую силой, рассматривая его непонятное движение в свете чисто механическом, и применяя к его анализу простые принципы механики, до тех пор, пока я не пришел к этим решениям, и только для того, чтобы понять, что они были мне сказаны в моем раннем детстве. Эти три слова — ключевые понятия Христианской религии. Их научное значение и предназначение теперь ясны для меня: пища чтобы увеличить массу, мир чтобы уменьшить тормозящую силу, и работа — чтобы увеличить силу, ускоряющую человеческое движение. Это единственные три решения, которые возможны для этой великой проблемы, и все они имеют одну цель, один результат, а именно, увеличить человеческую энергию. Когда мы осознаем это, мы не сможем не удивиться тому, насколько глубока, мудра и научна, и насколько безмерно практична Христианская религия, и в этом ее огромный контраст относительно других религий. Несомненно, это результат практического эксперимента и научного наблюдения, которые протянулись сквозь века, тогда как другие религии — всего лишь абстрактные рассуждения. Работа, неустанное усилие, полезное и накапливающееся, с периодами отдыха и восстановления сил для достижения большей эффективности, это главное и вечно повторяющееся требование. Так и Христианство и Наука вдохновляют нас делать все возможное для увеличения производительности человечества. Эту наиболее важную проблему я теперь подробным образом рассмотрю.

ИСТОЧНИК ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ — ТРИ ПУТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ ОТ СОЛНЦА

Во-первых, позвольте спросить: Откуда появляется движущая энергия? Что является источником, который все движет? Мы видим океан, который вздымается и опадает, текущие реки, ветер, дождь, град и снег, бьющие в наши окна, мы видим, как приезжают и уезжают паровозы и поезда, слышим грохочущий шум транспорта, голоса с улицы; мы ощущаем, чувствуем запах, вкус; и мы думаем обо всем этом. И все это движение, от волнения могучего океана до самого слабого движения, затрагиваемого нашими мыслями, имеет только одну [перво-] причину. Вся эта энергия исходит из одного единственного центра, единственного источника — солнца. Солнце — это источник, который движет всем. Солнце поддерживает жизнь человека и дает ему энергию. Мы теперь нашли другой ответ на заданный выше великий вопрос: Увеличить силу, ускоряющую движение человека, значит обратить на пользу человека бо́льшее количество солнечной энергии. Мы испытываем почтение и благоговение перед великими мужами прошедших времен, чьи имена связаны с бессмертными достижениями, кто показал себя благодетелями человечества — религиозного реформатора с его мудрыми максимами жизни, философа с его глубокими истинами, математика с его формулами, физика с его законами, открывателя с его принципами и секретами, добытыми у природы, художника с его формами красоты; но кто чтит его, величайшего из всех, кто может назвать его имя, — того, кто первый обратил энергию солнца на то, чтобы сберечь силы слабого человеческого



Рис 9 ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ СПОСОБНОСТИ ОСЦИЛЛЯТОРА СОЗДАВАТЬ ОГРОМНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ.

Показанный на фотографии шар, покрытый отполированным металлическим покрытием поверхностью в двадцать квадратных футов, представляет собой большой резервуар электричества, а жестяная перевернута цилиндрическая бадья под ней с острыми краями — большой канал, через который электричество может выходить до заполнения резервуара. Количество электричества, задействованного в движении, столь велико, что хотя большая его часть уходит через край бадьи, или через канал, шар, или резервуар, тем не менее, попеременно опустошается и заполняется до переполнения (что очевидно из разряда, идущего из верхней части шара) сто пятьдесят тысяч раз в секунду.

существа? Это был первый акт человеческой филантропии, и его последствия были неисчислимыми.

С самого начала человеку были открыты три пути получения энергии от солнца. Дикарь, согревавший свои замерзшие члены у огня, который загорелся каким-то образом, использовал энергию солнца, заключенную в горючем веществе. Когда он принес вязанку веток в свою пещеру и зажег их там, он воспользовался сохраненной энергией солнца, перенесенной из другого места. Когда он отправился в плавание на своем каноэ, он использовал энергию солнца, переданную атмосфере и окружающей среде. Несомненно, первый был старейшим способом. Огонь, найденный случайно, позволил дикарю оценить его благотворное тепло. Потом он вероятно пришел к мысли перенести его угли в свое жилище. И наконец он научился использовать силу стремительного течения воды или воздуха. То, что прогресс шел этим путем, показывают современные исследование. Использование энергии, сохраненной в дереве или угле, или говоря более обще, в топливе, привело к появлению парового двигателя. После этого применение электричества дало огромный рывок вперед в транспортировке энергии. Оно позволило передавать энергию из одного места в другое без транспортировки материалов. Но что касается использования энергии окружающей среды, пока еще никакого радикального шага вперед не сделано.

Конечные результаты развития в этих трех направлениях: первое, сжигание угля в холодном процессе в батарее; второе, эффективное использование энергии окружающей среды; и третье, передача без проводов электрической энергии на любое расстояние. Как бы мы ни пришли к этим результатам, их практическое применение необходимо повлечет широкое использование железа, и этот ценнейший металл несомненно будет существенным элементом в дальнейшем развитии по этим трем путям. Если мы научимся сжигать уголь в холодном процессе и тем самым эффективно и недорого получать электрическую энергию, для практического использования этой энергии нам потребуются электрические моторы — то есть, железо. Если мы преуспеем в получении энергии из окружающей среды, то нам понадобятся — и при ее получении, и при использовании, — машины и оборудование — снова железо. Если мы осуществим передачу электрической энергии без проводов в промышленном масштабе, мы будем вынуждены широко использовать электрические генераторы — опять железо. Что бы мы ни делали, в ближайшем будущем, возможно, еще больше, чем в прошлом, железо вероятно будет главным средством воплощения этого. Трудно сказать, сколь долго продлится его господство, потому что уже даже теперь серьезным соперником ему становится алюминий. Но на данный момент, после обеспечения новых ресурсов энергии, величайшую важность имеют усовершенствования в производстве и использовании железа. В этих же направлениях возможен величайший прогресс, который, если он произойдет, неимоверно повысит полезную производительность человечества.

ОГРОМНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ, КОТОРЫЕ ОТКРЫВАЕТ ЖЕЛЕЗО *ДЛЯ* РАСТУЩЕЙ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ — ОГРОМНЫЕ ПОТЕРИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗА

Пока что железо является важнейшим фактором в современном прогрессе. Оно больше всех остальных продуктов индустрии дает вклад в силу, ускоряющую человеческое движение. Применение этого металла настолько широко, и так тесно оно связано со всеми аспектами нашей жизни, что оно стало необходимым нам как сам воздух, которым мы дышим. Его название — синоним полезности. Но сколь бы сильным ни было влияние железа на сегодняшнее развитие человечества, это не увеличивает толкающую человека вперед силу даже отчасти настолько, насколько могло бы. В первую очередь, его производство в том виде, как оно выполняется, связано с потрясающей потерей топлива — то есть, с потерей энергии. Кроме того, лишь часть

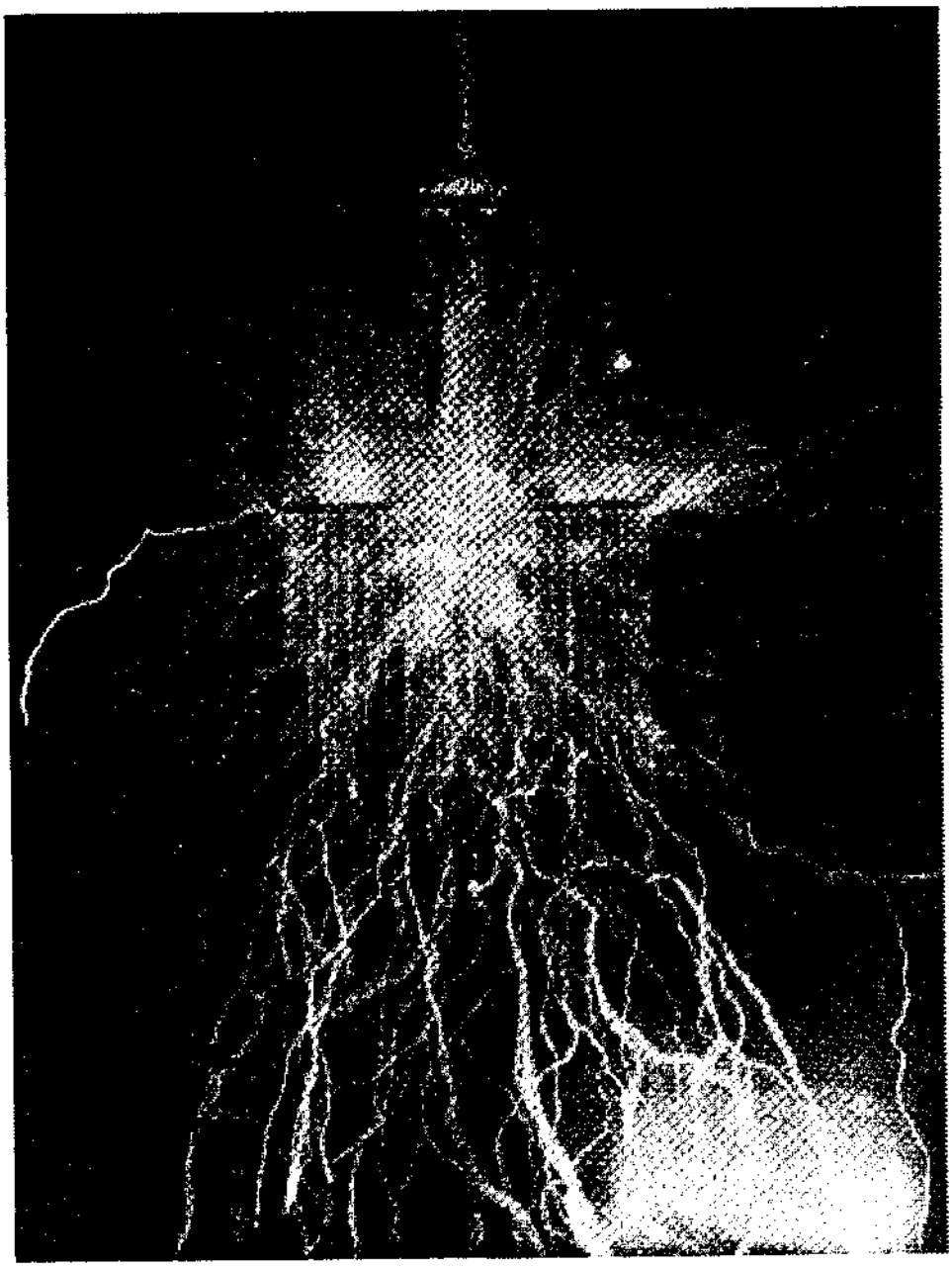


Рис. 10. ФОТОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА, ПРОИЗВОДЯЩЕГО ЭНЕРГИЮ СО СКОРОСТЬЮ СЕМЬДЕСЯТ ПЯТЬ ТЫСЯЧ ЛОШАДИНЫХ СИЛ.

Разряд, создающий сильную тягу благодаря нагреву воздуха, выносит вверх через открытую крышу здания. Наибольший размер в поперечнике составляет примерно семьдесят футов. Напряжение превышает двенадцать миллионов вольт, и ток переменяется сто тридцать тысяч раз в секунду.

всего производимого железа применяется для полезных целей. Большая часть его уходит на создание фрикционного сопротивления, а другая заметная часть является средством получения негативных сил, существенно замедляющих человеческое движение. Так негативная сила войны почти полностью воплощается в железе. Невозможно оценить, с какой бы то ни было степенью точности, амплитуду этой величайшей из всех тормозящих сил, но она определенно очень велика. Если нынешнюю позитивную ускоряющую силу, обусловленную всеми полезными применениями железа, принять например за десять, то я не думаю, что будет преувеличением оценить негативную силу войны, с учетом всех ее затормаживающих влияний и последствий, скажем, в шесть. Исходя из этой оценки эффективная ускоряющая сила железа в позитивном направлении будет равна разности между этими числами, то есть четырем. Но если, в результате установления вселенского мира, исчезнет производство военной техники, и все соперничество за превосходство между народами обернется здоровой, активной и продуктивной коммерческой конкуренцией, то позитивная ускоряющая сила благодаря железу составит сумму этих двух чисел, которая равна шестнадцати — то есть, эта сила по сравнению с ее сегодняшней величиной вырастет в четыре раза. Этот пример, конечно, приведен только чтобы дать представление об огромном увеличении полезной производительности человечества, которую бы могла дать радикальна реформа железных производств, производящих средства войны.

Такое же неоценимое преимущество в экономии энергии, которая есть в распоряжении человека, можно получить, если избавиться от огромной потери угля, которая неразрывно связана с нынешними способами производства железа. В некоторых странах, как например в Великобритании, пагубные эффекты этого разбазаривания топлива уже начинает ощущаться. Цена на уголь постоянно растет, и бедные страдают все больше и больше. Хотя мы все еще далеки от ужасного "истощения угольных месторождений", филантропия призывает нас изобрести новые методы производства железа, которые не требовали бы столь варварских затрат этого ценного сырья, из которого мы сегодня получаем бо́льшую часть нашей энергии. Оставить эти запасы энергии невредимыми или хотя бы не трогать их, пока мы не разработали процесс более эффективного сжигания угля — это наша обязанность перед грядущими поколениями. Тем, кто придет за нами, топливо понадобится больше, чем нам. Мы должны научиться производить железо в нужных нам количествах с помощью применения солнечной энергии, совсем без затрат угля. Как одна из попыток продвинуться в этом направлении, многообещающей является идея плавлению металлической руды электрическим током, получаемым из энергии падающей воды. Я сам потратил много времени, стараясь добиться осуществления этого процесса, что позволило бы производить железо дешево. После длительного изучения этого предмета, обнаружив, что непосредственно использовать сгенерированные токи для плавления руды невыгодно, я придумал метод, который оказался еще более экономичным.

ЭКОНОМИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЖЕЛЕЗА В НОВОМ ПРОЦЕССЕ

Индустриальный проект, который я разработал шесть лет назад, предполагал применение электрических токов, получаемых от энергии падающей воды, не напрямую для плавления руды, а для разложения воды, в качестве предварительного шага. Чтобы снизить стоимость такого завода, предполагал генерировать токи в особенно простых и дешевых динамо, которые я разработал исключительно для этой цели. Водород, получаемый в разложении электролизом, должен был сжигаться или воссоединяться с кислородом, не с тем, от которого его отделили, а с атмосферным. Это даст почти полное преобразование электрической энергии, затраченной на разложение воды, в форме тепла, получаемого от воссоединения водорода. Это тепло и должно было использоваться для плавления руды. Кислород, получаемый как побочный продукт разложения воды, я намеревался использовать для некоторых других промышленных целей, что, возможно, дало бы хорошие коммерческие результаты, ввиду того, что это самый дешевый способ получения этого газа в больших количествах. При любом исходе, он мог бы применяться для сжигания всех видов отходов, дешевого углеводорода, или угля самого низшего качества, который нельзя сжечь в атмосфере или иным образом употребить с пользой, и это также давало

бы значительное количество тепла, которое можно было бы использовать для плавления руды. Чтобы повысить экономичность этого процесса, я, кроме того, предполагал предпринять меры, чтобы горячий металл и отходы, выходя из печи, отдавали бы свое тепло холодной руде, идущей в печь, и таким образом при плавлении терялось бы относительно мало тепловой энергии. Я вычислил, что этим методом возможно производить сорок тысяч фунтов железа на лошадиную силу в год. Если принять широкие допущения относительно неизбежных потерь, это количество составит приблизительно половину теоретически достижимого. Основываясь на этой оценке и на практических данных относительно определенного вида песчаной руды, в избытке присутствующей в районе Великих Озер, учитывая цену транспортировки и труда, я получил, что в некоторых местностях этим методом можно производить железо дешевле, чем каким-либо другим из используемых способов. Этот результат обеспечивался бы еще надежнее, если бы кислород, получаемый из воды, вместо того, чтобы применяться для плавления руды, как предполагалось, использовался бы более выгодным способом. Каждая новая потребность в этом газе приносила бы заводу еще больше прибыли, тем делая железо еще дешевле. Данный проект был разработано исключительно в интересах индустрии, Когда-нибудь, я надеюсь, из пыльной и сморщенной куколки вылетит красивая индустриальная бабочка.

Производство железа из песчаных руд с помощью процесса магнитного разделения в принципе очень перспективно, потому что при этом не происходит никаких затрат угля; правда полезность этого метода сильно снижается из-за необходимости последующей плавки железа. Что касается дробления железной руды, я бы счел это рациональным, только если оно будет выполняться за счет водной энергии, или энергии полученной иным путем без затрат топлива. Электролитический холодный процесс, который бы мог позволить дешево добывать железо, а также отформовывать его в нужные формы без потребления топлива, был бы, на мой взгляд, очень большим прогрессом в производстве железа. Как и некоторые другие металлы, железо до сей поры сопротивлялось электролитической обработке, но не может быть сомнений, что такой холодный процесс в конце концов заменит собой в металлургии нынешний метода литья, и тем позволит избежать огромных затрат топлива, необходимых при повторяющихся разогреваниях металла в литейной.

До времен около нескольких десятилетий назад полезность железа почти полностью была основана на его замечательных механических свойствах, но начиная с прихода коммерческого динамо и электромотора его ценность для человечества очень сильно выросла за счет его уникальных магнитных качеств. Что касается последнего, железо сильно улучшилось за недавнее время. Поразительный прогресс начался около тринадцати лет назад, когда я открыл, что если в переменном моторе вместо кованого железа, как было тогда принято, применять Бессемеровскую сталь, то производительность машины удваивается. Я обратил на этот факт внимание М—ра Альберта Шмида, чьему неустанному упорству и способностям сильно обязано превосходство Американской электрической техники, и который в то время был управляющим промышленной корпорации, занятой в этой области. Следуя моему предложению, он построил трансформаторы из стали, и они продемонстрировали такое же замечательное улучшение работы. После чего эти исследования были систематически продолжены под руководством М—ра Шмида, и из "стали" (которая только называлась так, потому что на самом деле это было чистое мягкое железо) были удалены примеси, и в результате вскоре получился продукт, который позволил еще немного улучшить результат.

НАСТУПЛЕНИЕ ЭРЫ АЛЮМИНИЯ — ПРИГОВОР МЕДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ — ОГРОМНАЯ ЦИВИЛИЗУЮЩАЯ МОЩЬ НОВОГО МЕТАЛЛА

С этими улучшениями, сделанными за последние годы в области железа, мы дошли практически; до границ усовершенствования. Мы не можем надеяться очень существенно увеличить его прочность на разрыв, его упругость, твердость или ковкость, как не можем мы и

ожидать, что оно сильно улучшится в плане его магнитных качеств. Совсем недавно было получено заметное достижение путем примешивания к железу малого количества никеля, но перспективы дальнейшего продвижения в этом направлении не так велики. Можно ожидать новых открытий, но они не могут дать большого вклада в ценные свойства этого металла, хотя существенно снизить стоимость его производства они могут. Ближайшее будущее железа гарантировано его непревзойденными механическими и магнитными свойствами. Они таковы, что в настоящее врем ни один другой продукт с ним конкурировать не может. Но не может быть сомнений в том, что в не слишком отдаленном будущем железо во многих областях его неоспоримого господства должно будет передать скипетр другому: наступающая эпоха будет эпохой алюминия. Прошло всего семьдесят лет с тех пор, как этот удивительный металл был открыт Велером, а алюминиевая промышленность, едва ли сорока лет от роду, приковывает к себе внимание всего мира. Такой быстрый рост в истории нашей цивилизации еще не наблюдался. Не так давно алюминий продавался по фантастической цене в тридцать или сорок долларов за фунт; сегодня его можно купить в любом количестве за столько же, но центов. И более того, недалеко время, когда и эта цена будет считаться фантастической, потому что в способах его производства возможны грандиозные усовершенствования. Основная часть этого металла производится сегодня в электрической печи с помощью процесса, совмещающего в себе плавление и электролиз, что дает множество преимуществ, но естественно приводит к огромной потере электрической энергии тока. Мои оценки показывают, что цену алюминия можно было заметно уменьшить, если применить в его производстве способ, аналогичный предложенному мной для производства железа. Чтобы расплавить фунт алюминия, требуется всего лишь около семидесяти процентов тепла, необходимого для расплавления фунта железа, а поскольку его [удельный] вес составляет только одну треть веса последнего, то по объему алюминия может быть получено из одного и того же количества тепловой энергии в четыре раза больше, чем железа. Но идеальное решение — это холодный электролитический процесс производства, и на него я и возлагаю свои надежды.

Абсолютно неизбежным следствием развития алюминиевой промышленности будет уничтожение медной. Они не могут существовать и процветать вместе, и последней уже вынесен приговор безо всяких надежд на помилование. Даже сегодня дешевле передавать электрический ток через алюминиевые провода, чем через медные; алюминиевое литье стоит дешевле, и во многих областях домашнего хозяйства и других применениях у меди нет шансов на успешную конкуренцию. Дальнейшее же существенное снижение цен на алюминий не может не быть для меди фатальным. Но прогресс алюминия не сможет идти беспрепятственно, потому что, как это всегда происходит в подобных случаях, более крупная индустрия поглощает более мелкую: гигантские медные капиталы будут контролировать лилипутские алюминиевые капиталы, и ее медлительная поступь сдержит его скорый бег. Это только замедлит, но не предотвратит, наступление нависшей катастрофы.

Но алюминий, разделавшись с медью, на этом не остановится. Не пройдет много лет, как он вступит в жестокую битву с железом, и победить этого соперника будет делом далеко не легким. Исход борьбы будет в большой степени зависеть от того, будет ли железо незаменимым в электрической технике. Это может решить только будущее. Магнетизм, проявляющийся в железе, — это изолированное явление в природе. Что заставляет этот металл вести себя столь радикально по-другому в отличие от других веществ, пока еще не установлено, хотя и выдвинуто множество теорий. Что касается магнетизма, молекулы различных тел ведут себя подобно полым перекладинам, частично заполненным тяжелой жидкостью и уравновешенным в середине на манер детских качелей. Очевидно, в природе есть некоторое возмущающее воздействие, которое заставляет каждую молекулу, как такую перекладину, отклоняться в одну или другую сторону. Если молекулы наклоняются в одну сторону, тело магнитное; если в другую — тело не магнитное; но оба положения являются стабильными, как в случае полой перекладины из-за притекания тяжелой жидкости к более низкому концу. А теперь, удивительное состоит в том, что молекулы всех известных веществ идут в одну сторону, а молекулы железа в другую. Этот металл, как кажется, имеет совершенно другую природу, чем

все остальное на нашей планете. Крайне маловероятно, чтобы мы открыли какое-нибудь другое, и при этом более дешевое, вещество, которое сравнится или превзойдет железо по магнитным свойствам.

Если только не произойдет радикального переворота в свойствах используемых электрических токов, железо будет незаменимым. Хотя его преимущества — лишь видимость. Пока мы используем слабые магнитные силы, оно превосходит все прочие материалы, но если мы найдем пути получать огромные магнитные силы, то без него будут получатся лучшие результаты. На самом деле, я уже сделал электрические трансформаторы, в которых железо не используется, и которые могут производить в десять раз больше работы на фунт веса, чем трансформаторы с железом. Этот результат достигнут при использовании получаемых новыми способами электрических токов с очень высокой частотой вибраций вместо обычных токов, которые сегодня применяются в промышленности. У меня также получилось привести в движение электрические моторы без железа с помощью подобных быстро вибрирующих токов, но полученные до сих пор результаты намного хуже, чем с обычными моторами, сделанными из железа, хотя теоретически первые должны мочь производить несравнимо больше работы на единицу веса, нежели вторые. Но непреодолимые по-видимому трудности, стоящие на пути сейчас, возможно, в конце концов удастся преодолеть, и тогда с железом будет покончено, и вся электрическая техника будет делаться из алюминия, и со всей вероятностью, по ценам до смешного низким. Это будет для железа если и не фатальным, то тяжелым ударом. Во многих других областях промышленности, например, кораблестроении, и везде, где важна легкость конструкции, прогресс нового металла будет намного быстрее. Для таких применений он особенно подходит, и обязательно рано или поздно вытеснит железо. Очень вероятно, что с течением времени мы сможем придать ему многие из тех свойств, которые делают железо таким ценным.

Хотя сказать, когда наступит эта промышленная революция, невозможно, не может быть сомнений в том, что будущее принадлежит алюминию, и что в грядущие времена он станет главным средством увеличения человеческой производительности. В этом отношении он по своим возможностям пока превосходит любой другой металл. Я оцениваю его цивилизующие возможности как в сто раз большие, чем у железа. Эта оценка, хотя и может показаться обескураживающей, не сильно преувеличена. В первую очередь, мы должны вспомнить, что общее количество алюминия, доступного для использования человеком, в тридцать раз больше, чем железа. Одно только это открывает огромные перспективы. Далее, новый металл обрабатывается намного легче, это тоже делает его более ценным. Во многих отношениях он ведет себя подобно драгоценным металлам, что тоже придает ему дополнительную ценность. Одной только его электрической проводимости, по которой, на данный вес, он превосходит все другие металлы, было бы достаточно, чтобы сделать его одним из важнейших факторов в будущем человеческом прогрессе. Его чрезвычайна легкость очень упрощает транспортировку продукции из него. Это его преимущество вызовет переворот в судостроении, и он своим вкладом в развитие транспорта и путешествий очень сильно повысит производительность человечества. Но его самая величайшая цивилизующая мощь, как считаю, — в воздушных путешествиях, которые он с собой без сомнения принесет. Телеграфические средства просвещать варваров медленно. Электрические моторы и лампы сделают это быстрее. Но быстрее, чем что-либо другое, сделают это летающие машины. Сделать путешествие идеально простым — лучший способ объединить разнородные части человечества. Первый шаг в этом направлении — это сделать более легкий аккумулятор или получить больше энергии из угля.

ПОПЫТКИ ПОЛУЧИТЬ БОЛЬШЕ ЭНЕРГИИ ИЗ УГЛЯ — ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД — ГАЗОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ — ХОЛОДНАЯ УГОЛЬНАЯ БАТАРЕЯ

Я помню, что одно время считал производство электричества за счет сжигания угля в батарее величайшим достижением на пользу развития цивилизации, и я был удивлен, насколько продолжительное исследование этих вопросов изменило мои взгляды. Теперь мне кажется, что

сжигание угля в батарее, каким бы эффективным оно ни было, стало бы только временным усовершенствованием, промежуточным шагом в движении к чему-то более совершенному. Помимо всего прочего, получая электричество этим способом мы будем уничтожать сырье, и это будет варварский процесс. Мы должны мочь добывать потребную нам энергию без затрат сырья. Но я далек от того, чтобы недооценивать значение такого эффективного метода сжигания топлива. В настоящее время основная движущая энергия получается из угля, и либо непосредственно, либо через свои производные, он дает огромный вклад в человеческую энергию. К сожалению, во всех принятых ныне процессах бо́льшая часть энергии угля бесполезно рассеивается. Самые лучшие паровые двигатели используют лишь малую часть полной энергии. Даже в газовых двигателях, в которых, особенно в самых новейших, достигаются еще лучшие результаты, все равно процесс идет варварский. В наших электрических осветительных системах мы едва используем одну треть одного процента, а в газовом освещении и того меньшую часть энергии угля. Если рассмотреть всевозможные способы применения угля в нашем мире, то мы определенно не используем больше, чем два процента его энергии, которая доступна теоретически. То́т, кто прекратит эти бессмысленные потери, станет величайшим благодетелем человечества, пусть даже предложенное им решение и не сможет стать вечным, потому что оно непременно ведет к истощению запасов сырья. Сейчас попытки получить больше энергии из угля ведутся главным образом в двух направлениях — путем генерации электричества, и путем получения газа для использования его в целях движущей энергии. На обоих направлениях уже достигнут заметный успех.

Приход передачи электрической энергии с помощью переменных токов знаменует новую эпоху в экономии энергии, которую человек может добыть из угля. Очевидно, что вся электрическая энергия, получаемая от падающей воды, сберегающая так много топлива, — это чистая выгода для человечества, которая делается тем более эффективной, что она достигается ценой небольших затрат человеческих усилий, и что этот наиболее совершенный из всех известных способов получения энергии от солнца вносит всемерный вклад в развитие цивилизации. Но электричество позволяет нам еще и получать из угля энергии больше, чем давали старые способы. Вместо перевозки угля в удаленные места, где он потребляется, мы сжигаем его рядом с шахтой, получаем электричество в динамо, и передаем в другие места ток, что дает заметную экономию. Вместо того, чтобы приводить в движение машины на фабрике с помощью ремней и трансмиссий, мы энергией пара генерируем электричество и приводим в движение электрические моторы. Этим путем несложно получать движущую энергию из топлива в два или три раза более эффективно, не говоря уже о прочих многочисленных преимуществах. Именно в этой области, а также в передаче энергии на большие расстояния, и несет промышленную революцию переменная система с ее идеально простой техникой. Но на многих направлениях этот прогресс пока еще не ощущается. Например, паровозы и поезда все еще движутся паровой энергией, непосредственно воздействующей на валы или оси. Можно было бы преобразовывать в движущую энергию намного бо́льшую часть тепловой энергии, если вместо нынешних корабельных двигателей и локомотивов использовать динамо, приводимые в движение специальными паровыми или газовыми двигателями высокого давления, и применяя для движения сгенерированное электричества. Этим способом можно получить выигрыш от пятидесяти до ста процентов от эффективной энергии, получаемой от угля. Трудно понять, почему на столь простой и очевидный факт инженеры не обращают большего внимания. В океанских пароходах такое усовершенствование было бы особенно желательным, потому что оно помогло бы избавиться от шума и существенно увеличило бы скорость и грузоподъемность лайнеров.

Еще больше энергии сейчас получается из угля с помощью последнего усовершенствованного газового двигателя, экономичность которого в среднем примерно вдвое больше, чем у лучшего парового двигателя. Введению газового двигателя очень сильно способствует важность газовой индустрии. С ростом использования электрического света больше и больше газа применяется в целях получения нагревательной и движущей энергии. Часто газ добывается вблизи угольных шахт и переправляется в удаленные места его потребления.

Это дает существенную экономию и в расходах на транспортировку, и в использовании энергии топлива. При нынешнем положении дел в механике и электричестве самым рациональным способом получения энергии из угля очевидно является производство газа рядом с залежами угля, и использование его, прямо на месте или где-то еще, для генерации электричества для индустриального использования в динамо, приводимых в движение газовыми двигателями. Коммерческий успех такого завода сильно зависит от производства газовых двигателей большой номинальной мощности, что, судя по энергичной активности в этой области, скоро произойдет. Вместо непосредственного потребления угля, как обычно, из него следует производить газ и сжигать его для экономии энергии.

Но все эти усовершенствование не могут быть ничем, кроме переходных этапов в развитии в направлении чего-то более совершенного, потому что в конечном итоге мы должны научиться получать электрическую энергию из угля более прямым способом, не содержащим в себе больших потерь его тепловой энергии. Можно ли окислять уголь в холодном процессе, — пока еще остается под вопросом. Его соединение с кислородом всегда идет с выделением тепла, а может ли соединение углерода с каким-либо другим элементом быть напрямую преобразовано в электрическую энергию, пока еще не выяснено. При определенных условиях азотная кислота сжигает углерод, генерируя электрический ток, но раствор при этом не остается холодным. Предлагались и другие пути окисления угля, но они не дали новых перспектив получить эффективный процесс. Я потерпел полную неудачу, хотя возможно и не настолько полную, как те некоторые, кто "изобрел" холодную угольную батарею. Это задача в основном для химика. Не для физика, который все свои результаты рассчитывает заранее, и поэтому, если эксперимент ставится, то провалиться он не может. Химия, хотя это и позитивная наука, пока еще не располагает такими позитивными методами разрешения проблем, которые есть в распоряжении для решения многих физических проблем. Успех, если он вообще возможен, достигается путем упорных попыток нежели посредством дедукции или расчетов. Тем не менее, скоро настанет время, когда химик сможет следовать четко прочерченному и заблаговременно проложенному курсу, когда процесс достижения им нужного результата станет чисто конструктивным. Холодная угольная батарея даст огромный импульс развитию электричества; от нее очень недалеко до осуществления летающей машины, и она чрезвычайно будет способствовать развитию автомобиля. Но эти и многие другие проблемы решаются еще лучше, и еще более научным образом, световой аккумуляторной батареей.

ЭНЕРГИЯ ИЗ СРЕДЫ — ВЕТРЯК И СОЛНЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ — ДВИЖУЩАЯ ЭНЕРГИЯ ИЗ ЗЕМНОГО ТЕПЛА — ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ИЗ ЕСТЕСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Есть множество веществ помимо топлива, которые возможно смогли бы давать энергию. Огромное количество энергии заключено, например, в известняке, и можно приводить в движение машины путем освобождения угольной кислоты с помощью серной кислоты или другим способом. Я однажды уже сконструировал такой двигатель, и он вполне удовлетворительно работал.

Но какие бы источники энергии у нас в будущем ни появились, мы должны, поступая рационально, получать ее без затрат какого-либо сырья. К этому заключению я пришел очень давно, и представляется возможным достичь этого, как отмечалось раньше, только двум путями — либо обратить на пользу энергию солнца, запасенную в окружающей среде, либо передавать, через эту среду, солнечную энергию на расстояния из тех мест, где ее можно получать без затрат сырья. В те времена я сразу отмел последний способ как полностью неосуществимый, и обратил все внимание на изучение возможностей первого.

Хотя и трудно в это поверить, но факт, что человек с незапамятных времен имел в своем распоряжении довольно хорошую машину, которая позволяла получать энергию из окружающей среды. Эта машина — ветряк, ветряная мельница. Вопреки распространенному мнению, ветер может дать довольно значительную энергию. Сколько обманувшихся

изобретателей потратили годы своей жизни на попытки "обуздать прилив", и некоторые даже предлагали для получения энергии сжимать воздух за счет энергии прилива или волн, никогда не понимая смысла образа старой ветряной мельницы на холме, которая печально крутит своими крыльями и их не остановить. Факт состоит в том, что приливной или волновой мотор в целом имеет мало шансов коммерчески конкурировать с ветряком, который до сих пор является лучшей машиной, и позволяет получать гораздо более простым способом гораздо больше энергии. В старые времена энергия ветра была для человека неоценимой даже одним тем уже, что ничто другое не давало ему возможности пересекать моря, и даже сегодня это остается очень важным фактором для путешествий и транспорта. Но этот простой способ использования солнечной энергии имеет сильные ограничения. Для заданной величины полезного выхода машины получаются большими, и энергия неравномерная, поэтому нужно ее накапливать, что удорожает установку.

Правда, намного лучшим способом получать энергию было бы использовать солнечные лучи, которые постоянно падают на Землю, принося энергию с максимальной скоростью в четыре миллиона лошадиных сил на квадратную милю. Хотя средняя энергия, получаемая на квадратную милю в любом месте в течение года составляет лишь малую часть этой величины, тем не менее открытие некоего эффективного способа использования энергии лучей дало бы неисчерпаемый источник энергии. Когда я начинал исследовать этот предмет, единственный способ, который был мне известен — это применение некоторого теплового или термодинамического двигателя, приводимого в движение летучей жидкостью, испаряемой в котле теплом лучей. Но более глубокое изучение этого метода и проведенные расчеты показали, что несмотря на огромность количества энергии, получаемой от солнечных лучей, лишь малая часть ее может быть использована этим способом. Кроме того, энергия, которая поступает с солнечными лучами, периодическая, и здесь я обнаружил те же ограничения, что и при использовании ветряка. После длительного исследования этого способа получения движущей энергии от солнца, и учитывая необходимость большого объема котла, низкую эффективность теплового двигателя, дополнительные затраты на накопление энергии и прочие недостатки, я пришел к заключению, что "солнечный двигатель", за исключением нескольких отдельных случаев, не может иметь успешное промышленное применение.

Другой способ получать двигательную энергию из среды без затрат материалов или сырья — это использовать для привода двигателя тепло, содержащееся в Земле, воде или воздухе. Хорошо известно, что внутренние слои земного шара очень горячие, по мере приближения к центру Земли температура растет примерно на 1° С с каждой сотней футов глубины. Трудности бурения шахт и размещения бойлеров на глубинах, скажем, двенадцати тысяч футов, что соответствует росту температуры примерно на 120° С, не являются непреодолимыми, и мы определенно могли бы таким способом достичь использования внутреннего тепла земного шара. На самом деле, чтобы получать энергию из сохраненного земного тепла, не нужно вообще погружаться ни на какую глубину. Самые верхние слои земли и прилегающие к ней воздушные слои имеют температуру, достаточную для испарения некоторых особо летучих жидкостей, и их можно было бы использовать в бойлерах вместо воды. Несомненно, что корабль в океане может приводиться в движение двигателем, работающим от такой летучей жидкости, без использования какой-либо другой энергии кроме тепла, извлекаемого из воды. Но количество энергии, которую можно получать таким путем, если не предпринять дальнейших мер, оказывается слишком маленьким.

Другим возможным источником энергии может служить электричество, порождаемое природными явлениями. В разрядах молний участвуют огромные количества электрической энергии, и ее можно было бы использовать, если преобразовывать ее и накапливать. Несколько лет назад мне стал известен метод электрического преобразования, который дает очень простое решение первой части этой задачи. Но вот сохранение энергии молний будет выполнить трудно. Далее, хорошо известно, что через земной шар постоянно циркулируют токи, и что между Землей и любым воздушным слоем есть разность потенциалов, которая изменяется пропорционально высоте.

В ходе недавних экспериментов я открыл два новых факта, в данном отношении весьма важных. Один из них — это то, что в проводе, идущем от земли на большую высоту образуется электрический ток вследствие осевого, а возможно, и поступательного, движения Земли. Правда, никакой сколько-нибудь значительный ток не будет постоянно течь в таком проводе, если не дать электричеству возможность стекать в воздух. Этот сток можно заметно усиливать проводящим оконечным контактом очень большой площади с большим количеством острых краев или острий на верхнем конце провода. Таким образом мы можем просто поддерживая провод на большой высоте получать электрическую энергию. Но, к сожалению, количество электричества, которое можно получать этим способом, мало.

Второй открытый мною факт — то, что верхние слои воздуха постоянно электрически заряжены противоположно Земле. Так, по крайней мере, я проинтерпретировал свои результаты, из которых следует, что Земля, вместе с прилегающими к ней изолирующей и проводящей "обкладками", составляет сильно заряженный электрический конденсатов, заключающий в себе, по всей вероятности, огромное количество электрической энергии, которую можно было бы обратить на пользу человеку, если бы было можно поднимать провод на большие высоты.

Возможно, и даже вероятно, что со временем будут открыты и другие ресурсы энергии, о которых мы сейчас не знаем. Мы, может быть, даже найдем способы применить такие силы, как магнетизм и гравитация, для привода машин без использования каких-либо других средств. Осуществление подобного, хотя и очень маловероятно, но не невозможно. Вот пример, лучше всего иллюстрирующий представление о том, что мы могли бы надеяться достичь, и что мы не сможем достичь никогда. Представим диск из какого-нибудь однородного материала идеальной формы и установленный так, чтобы он мог вращаться без трения в подшипниках на горизонтальной оси над землей. Этот диск, идеально таким образом сбалансированный, будет оставаться в покое в любом положении. Далее, возможно, что мы узнаем способ заставить такой диск вращаться под воздействием гравитации и выполнять работу без приложения какой-либо силы извне. Если бы это можно было сделать, то получилось бы то, что по научному называется "перпетуум мобиле", вечный двигатель, машина, создающая свою собственную двигательную энергию. Чтобы заставить такой диск вращаться под воздействием силы гравитации, мы только лишь должны изобрести экран от этой силы. С помощью такого экрана мы могли бы сделать так, чтобы эта сила не действовала на одну половину диска, и тогда он станет вращаться. По крайней мере, мы не можем отвергать такую возможность, пока мы полностью не познали природу силы гравитации. Допустим, что эта сила обусловлена движением, которое похоже на поток воздуха сверху к центру Земли. Воздействие такого потока на обе половины нашего диска было бы равным, и в нормальных условиях он бы не вращался. Но если бы одна его половина была бы закрыта пластиной, тормозящей это движение, то он бы вращался.

УХОД ОТ ИЗВЕСТНЫХ СПОСОБОВ — ВОЗМОЖНОСТЬ "САМОДЕЙСТВУЮЩЕГО" ДВИГАТЕЛЯ ИЛИ МАШИНЫ, НЕОЖИВЛЕННОЙ, НО ТЕМ НЕ МЕНЕЕ СПОСОБНОЙ, КАК ЖИВОЕ СУЩЕСТВО, ИЗВЛЕКАТЬ ЭНЕРГИЮ ИЗ СРЕДЫ — ИДЕАЛЬНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ДВИЖУЩЕЙ ЭНЕРГИИ

Когда я начал изучать этот вопрос, и когда изложенная выше идея и ей подобные первый раз пришли мне в голову, хотя я в ту пору был еще незнаком со множеством из упомянутых фактов, изучение различных путей использования энергии среды убедило меня, тем не менее, что для достижения полностью удовлетворительного осуществимого решения нужно отойти от ныне известных методов. Ветряк, солнечный двигатель, двигатель, работающий от земного тепла, все имели ограничения по количеству получаемой энергии. Нужно было открыть некий новый путь, который позволил бы нам получать больше энергии. В среде хватает тепловой энергии, но

только малая часть ее доступна для привода двигателя теми способами, которые известны. Кроме того, энергия получалась с очень маленькой скоростью. Поэтому очевидно, что проблема состояла в том, чтобы открыть некий новый метод, который бы позволил бы и использовать больше тепловой энергии среды, и производить энергию с большей скоростью.

Тщетно пытался я придумать, как этого добиться, и в то время прочел некоторые труды Карно и Лорда Кельвина (тогда Сэра Вильяма Томпсона), которые по сути означали, что для неодушевленного механизма само-действующей машины невозможно охладить среду ниже температуры окружения и работать от извлекаемого тепла. Эти утверждения заинтересовали меня чрезвычайно. Очевидно, что живое существо это делать может, а поскольку опыты моих ранних лет, о которых рассказал, убедили меня, что живое существо есть лишь автомат, или, иначе формулируя, "само-действующий двигатель", я пришел к заключению, что возможно сделать машину, которая могла бы делать то же самое. Как первый шаг к реализации этого, придумал следующий механизм. Представим термостолбик, состоящий из множества полос металла и идущий от Земли во внешнее пространство за пределами атмосферы. Поток тепла снизу, вверх через эти металлические полосы, будет охлаждать землю, или океан, или атмосферу, смотря где будут находиться нижние части полос, и в результате, как хорошо известно, возникнет ток, циркулирующий в этих полосах. Теперь два концевых контакта этого термостолбика можно соединить между собой через электромотор, и, теоретически, этот мотор будет все врем работать до тех пор, пока среда внизу не охладится до температуры внешнего пространства. Получился бы неодушевленный двигатель, который, со всей очевидностью, охлаждал бы часть среды ниже температуры окружения, и работал бы от извлеченного тепла.

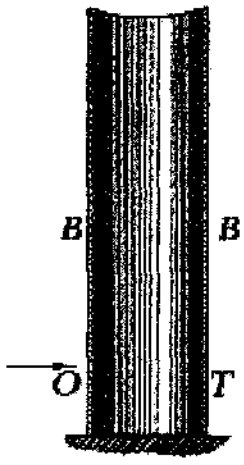


Схема b. ПОЛУЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ ИЗ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

A, среда с малой энергией; B, B среда с большой энергией; O, путь энергии.

Но так ли невозможно достичь тех же условий, не поднимаясь ввысь? Предположим, для иллюстрации, что есть замкнутая камера *T,* как показано на схеме b, такая, что энергия не может проходить через ее стенки иначе как по пути *0,* и внутри этой камеры находится среда, тем или иным образом поддерживаемая в состоянии с низкой энергией, а в наружном пространстве камеры находится обычная окружающая среда с большой энергией. При этих предположениях энергия будет течь по пути *0,* показанному стрелкой, и по мере ее прохождения ее можно преобразовать в какую-нибудь другую форму энергии. Вопрос в том, можно ли добиться таких условий? Можем ли мы искусственно создать такой "сток" для энергии из окружающей среды, чтобы она туда втекала? Допустим, что в данном пространстве с помощью некоего процесса может поддерживаться крайне низкая температура. Окружающая его среда будет вынуждена отдавать тепло, и оно может быть преобразовано в механическую или иную форму энергии. Осуществив такое, мы бы смогли иметь постоянный источник энергии где угодно, в любом месте на Земле, работающий днем и ночью. И более того, рассуждая отвлеченно, насколько представляется, легко добиться циркуляции среды, тем самым получая энергию с очень высокой скоростью.

Вот идея, которая, если она осуществима, дает прекрасное решение проблемы получения энергии от среды. Но осуществима ли она? Я убежден, что да, и множеством способов. Один из них я приведу. Что касается тепла, мы находимся на высоком уровне, это можно представить

как поверхность горного озера заметно выше уровня моря, уровень которого соответствует абсолютному нулю температуры, который существует в межзвездном пространстве. Тепло как вода, течет с высокого уровня на низкий, и следовательно, так же, как мы можем дать воде из озера течь вниз к морю, так же можем мы дать и теплу с поверхности Земли уноситься вверх, в холодное пространство. Тепло, как и вода, может стекая производить работу, и если оставались какие-нибудь сомнения, можно ли получать энергию от среды посредством термостолбика как это описывалось выше, то эта аналогия должна их рассеять. Но можем ли мы в заданной части пространства создать холод, чтобы тепло постоянно текло туда? Создать в среде такой "сток", или "холодную дыру" как это можно назвать, было бы эквивалентно созданию в нашем озере некоего пространства, пустого либо заполненного чем-то намного более легким, чем вода. Этого можно добиться, если поместить в озеро бак и откачать из него всю воду. Далее, мы знаем, что вода, если ей дать втекать обратно в бак, теоретически способна произвести в точности такое же количество работы, которое мы затратили на ее откачивание, но ни скольким не больше. Следовательно, от этой двойной операции мы ничего не выигрываем, сначала поднимая воду, а потом давая стечь вниз. Это означает, казалось бы, что невозможно создать такой сток в среде. Но давайте немного задумаемся. Тепло, хотя и следует некоторым законам механики как жидкость, не является таковой. Это энергия, которая может превращаться в другие формы энергии, когда перетекает с высокого уровня на низкий. Поэтому, чтобы сделать нашу аналогию полной и правильной, мы должны допустить, что вода при ее втекании в бак превращается во что-то еще, что можно забрать оттуда без затрат или с очень малыми затратами. Например, если в данной аналогии тепло представлено водой озера, то водород и кислород могут представлять другие формы энергии, в которые преобразуется тепло, когда течет от горячего к холодному. Если бы процесс преобразования тепла был абсолютно идеальным, никакое бы тепло вообще не доходило до низкого уровня, потому что все оно превращалось бы в другие формы энергии. В соответствии с этим идеальным случаем, вся вода, втекающая в бак, разлагалась бы на кислород и водород не достигнув дна, и в результате вода бы постоянно втекала внутрь, а бак все равно оставался бы пустым, потому что получающиеся газы уходили бы. Таким образом, затратив изначально определенное количество работы, мы бы создали сток, куда стекало бы тепло, или соответственно, вода, и это позволило бы нам получать любое количество энергии без дальнейших затрат. Это было бы идеальным способом получения двигательной энергии. Нам не известен такой абсолютно совершенный процесс преобразования тепла, поэтому определенное количество тепла все же достигало бы нижнего уровня, что означает в нашей механической аналогии, что какая-то вода будет достигать дна бака, и он будет постепенно заполняться, поэтому его нужно будет постоянно откачивать. Но очевидно, откачивать надо будет меньше, чем будет втекать, или, иными словами, для поддержания исходных условий будет требоваться меньше энергии, чем будет получаться от втекания, а это означает, что из среды будет извлекаться определенная энергия. То, что при втекании не преобразовалось, можно просто поднимать обратно ценой затраты энергии его падения, а то, что будет преобразовываться, будет чистым выигрышем. Поэтому достоинство принципа, который я открыл, состоит полностью в преобразовании энергии на течении вниз.

ПЕРВЫЕ ПОПЫТКИ ПОЛУЧИТЬ САМО-ДЕЙСТВУЮЩИЙ ДВИГАТЕЛЬ — МЕХАНИЧЕСКИЙ ОСЦИЛЛЯТОР — РАБОТА ДЮАРА И ЛИНДЕ — ЖИДКИЙ ВОЗДУХ

Осознав эту истину, я начал изыскивать пути выполнения моей идеи, и после длительных размышлений, я наконец придумал аппарат, который смог бы получать энергию из среды с помощью процесса постоянного охлаждения атмосферного воздуха. Этот аппарат постоянно превращая тепло в механическую работу, становился бы все холоднее и холоднее, и если бы осуществимым было достичь таким образом очень низкой температуры, то можно было бы

создать сток тепла и получать энергию из среды. Это, как кажется, противоречит утверждениям Карно и Лорда Кельвина, упомянутым мною ранее, но из теории процесса я пришел к выводу, что такой результат достижим. К этому заключению я пришел, как мне кажется, в конце 1883, когда я был в Париже, и это было время, когда мой ум все больше и больше захватывало изобретение, сделанное мною в предыдущем году, которое с тех пор стало известно как "вращающееся магнитное поле". В течение нескольких последующих лет я осуществлял дальнейшую проработку своего плана и изучал рабочие условия, но мало продвинулся вперед. Коммерческое воплощение этого изобретения в этой стране потребовало большей части всей моей энергии вплоть до 1889, когда я вновь обратился к идее самодействующей машины. Более глубокое исследование лежащих в основе принципов и расчеты показали теперь, что результат, к которому я стремился, не может быть практически достигнут с помощью обычной техники, как я полагал в начале. Это привело меня к следующему шагу, к изучению двигателя, в целом называемого "турбиной", который вначале, как казалось, открывал больше шансов для осуществления моей идеи. Вскоре обнаружил однако, что турбина тоже не подходит. Но мои рассуждения показывали, что если можно будет добиться высокого совершенства двигателя определенного вида, то задуманный мною план осуществим, и я начал заниматься разработкой такого двигателя, первичной целью которого было обеспечить огромную экономичность преобразования тепла в механическую энергию. Отличительной особенностью этого двигателя было то, что производящий работу поршень ни с чем больше не соединялся, был совершенно свободен и вибрировал с огромной частотой. Механические сложности, с которыми столкнулся при создании этого двигателя, были больше, чем я ожидал, и продвигался вперед медленно. Работа продолжалась до начала 1892, когда поехал в Лондон, где увидел выдающиеся эксперименты Профессора Дюара с жидкими газами. Другие тоже раньше сжижали газы, особенно Озлевски и Пиктет, которые провели известные ранние эксперименты в этом направлении, но сила работы Дюара такова, что даже старое предстало в новом свете. Его эксперименты показали, хотя и не так, как представлял, что возможно достичь очень низкой температуры путем превращения тепла в механическую работу, и я вернулся, сильно впечатленный увиденным, и еще сильнее чем раньше убежденный в осуществимости моего замысла. Временно прерванная работа вновь возобновилась, и вскоре я достиг состояния полной законченности двигателя, который я назвал "механическим осциллятором". В этой машине я смог избавиться от всех сальников, клапанов и смазки, и добился такой быстрой вибрации поршня, что стержни (шатуны) из твердой стали, на которых он крепился и которые испытывали продольные вибрации, разлетались на части. Скомбинировав этот двигатель с динамо особой конструкции, я сделал высокоэффективный электрический генератор, неоценимый в плане измерений и определений физических величин благодаря неизменной частоте осцилляции, получаемых с помощью него. Я продемонстрировал несколько типов этой машины, названной "механический и электрический осциллятор", перед Электрическим Конгрессом на Мировой Выставке в Чикаго летом 1893 в ходе лекции, которую я в связи с большим количеством другой работы не смог подготовить к публикации. В связи с представившимся случаем я демонстрировал принципы механического осциллятора, но первоначальное предназначение этой машины впервые объясняется здесь.

Процесс использования энергии окружающей среды, как я его изначально себе представлял, включал в себя комбинацию пяти важных элементов, и каждый из них надо было заново проектировать и разрабатывать, потому что таких машин не было. Механический осциллятор был первым элементом в этой комбинации, и сделав его я обратился к следующему, которым был аэро-компрессор, по конструкции во многих отношениях напоминающий механический осциллятор. Вновь при его разработке встретились те же трудности, но работа велась очень энергично, и к концу 1894 я завершил эти два элемента и получил аппарат для сжатия воздуха, практически до любого давления, несравненно более простой, меньший по размерам и более эффективный, чем обычный. Я как раз только приступал к работе над третьим элементом, который вместе с первыми двумя дал бы охлаждающую машину исключительной эффективности и простоты, как меня постигло несчастье — моя лаборатория

сгорела, это нанесло урон моим трудам и затормозило меня. Вскоре после этого Д-р Карл Линде объявил о сжижении воздуха в самоохлаждающемся процессе, показав, что этого можно добиться с помощью охлаждения воздуха до тех пор, пока он не станет жидким. Это было единственным экспериментальным доказательством, недостающим мне, касающимся возможности получения энергии их окружающей среды задуманным мною способом.

Сжижение воздуха в самоохлаждающемся процессе не было, как принято считать, случайным открытием, это был научный результат, достижение которого не могло быть уже сильно задержано, и который, по всей вероятности, не мог пропустить Дюар. Этот изумительный шаг вперед, я уверен, был сделан во многом благодаря яркой работе [этого] выдающегося Шотландца. Тем не менее, достижение Линде нетленно. Производство жидкого воздуха в течение четырех лет выполнялось в Германии в масштабах намного бо́льших, чем в любой другой стране, и этот своеобразный товар нашел себе множество применений. В самом начале от него ждали очень многого, но до сих пор он был промышленным *ignis fatuus (блуждающий огонь — п.п.)*. С помощью применения разработанных мной машин его стоимость вероятнее всего очень сильно уменьшится, но даже тогда его коммерческий успех будет оставаться под вопросом. Его использование в качестве охладителя экономически не оправдывается, поскольку его слишком низкая температура не нужна. Слишком дорого поддерживать тело как при очень низкой температуре, так и при слишком высокой. В производстве кислорода он не может соперничать с электролитическим способом. Для использования в качестве взрывчатки он неудобен, потому что его низкая температура опять делает его малоэффективным, а для двигательной энергии его цена все еще остается слишком высокой. Тем не менее, интересно отметить, что при приведении в движение двигателя жидким воздухом от него можно получать определенную энергию, или, говоря иными словами, можно ее получать от окружающей среды, которая поддерживает двигатель теплым. Каждые двести фунтов железа двигателя дают энергию со скоростью примерно в одну эффективную лошадиную силу за один час. Но этот выигрыш у потребителя съедается равной потерей у производителя.

Так что многое еще остается сделать для той задачи, над которой я столько трудился. Остается еще разработать много механических деталей и преодолеть некоторые трудности различной природы, и я пока еще не могу надеяться в скором времени создать самодействующую машину, получающую энергию от окружающей среды, даже если материализуются все мои ожидания. Возникло много обстоятельств, тормозивших мою работу в течение последнего времени, но по ряду причин эта задержка оказалась выигрышной.

Одна из этих причин в том, что я имел достаточно времени для раздумий о том, какими могут быть конечные возможности этой разработки. Я долгое время работал в полной уверенности, что практическая реализация этого метода получения энергии от солнца будет иметь неоценимую промышленную ценность, но продолжительное изучение этого предмета открыло тот факт, что хотя, если мои ожидания хорошо обоснованы, оно и будет коммерчески выгодным, но совсем не до чрезвычайной степени.

ОТКРЫТИЕ НЕОЖИДАННЫХ СВОЙСТВ АТМОСФЕРЫ — СТРАННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ — ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО ОДНОМУ ПРОВОДУ БЕЗ ВОЗВРАТНОГО — ПЕРЕДАЧА ЧЕРЕЗ ЗЕМЛЮ ВООБЩЕ БЕЗ ПРОВОДОВ

Другая из этих причин в том, что я пришел к осознанию того, что передача электрической энергии на любое расстояние через среду — это на нынешний момент самое лучшее решение великой проблемы приспособления энергии солнца на пользу человеку. Долгое время я был убежден, что такую передачу никогда нельзя будет осуществить в промышленных масштабах, но сделанное мной открытие изменило мои взгляды. Я наблюдал, что при определенных условиях атмосфера, которая обычно является хорошим изолятором, предполагает наличие проводящих свойств и тем самым становится способной проводить через себя любое количество

электрической энергии. Но сложности на пути к практическому использованию этого открытия для целей передачи электрической энергии без проводов казались непреодолимыми. Нужно получать электрические напряжения во много миллионов вольт и работать с ними; нужно изобрести и создать генерирующие машины нового вида, способные выдерживать огромные электрические нагрузки, в такой системе нужно достичь полной безопасности от угроз токов высокого напряжения, прежде чем можно будет даже подумать о практическом ее введении. Все это нельзя сделать за несколько недель или месяцев, или даже лет. Эта работа требовала терпения и постоянного усердия, но продвижение вперед хоть и медленно, все-таки шло. Тем не менее, в ходе этой длительной работы были достигнуты другие ценные результаты, которые я постараюсь кратко изложить, перечислив главные достижения в той последовательности, как они происходили.

Открытие проводящих свойств воздуха, было хотя и неожиданным, но естественным результатом экспериментов в специальной области, которые я проводил несколько лет назад. Насколько я помню, в 1889 очень быстрые электрические осцилляции открыли определенные возможности, и это побудило меня разработать много специальных машин, предназначенных для их исследования. Из-за специфических требований создание этих машин было чрезвычайно сложным и потребовало массу времени и усилий; но моя работа над ними была щедро вознаграждена, потому что с их помощью я достиг нескольких новых и важных результатов. Одними из первых сделанных с помощью этих новых машин были наблюдения того, каким необычным образом действуют крайне высокие частоты на человеческий организм. Так например, я показал, что мощный электрический разряд в несколько сот тысяч вольт, который в то время считался абсолютно смертельным, может проходить через тело без неудобств или вредных последствий. Эти осцилляции производили только психологические эффекты, которые, после моих объявлений, активно взяли на вооружение и глубже изучили опытные врачи. Эта новая область оказалась продуктивной сверх всяких ожиданий, и за несколько лет, прошедших с тех пор, развилась до такой степени, что сейчас она составляет полноправную и важную область медицинской науки. Многие результаты, невозможные в то время, сейчас легко получаются с помощью этих осцилляции, и с их помощью выполняется множество экспериментов, о которых тогда нельзя было и мечтать. Я все еще с удовольствием вспоминаю, как девять лет назад пропустил разряд мощной индукционной катушки через свое тело, чтобы продемонстрировать научному обществу относительную безвредность очень быстро колеблющихся электрических токов, и все еще помню изумление моей аудитории. Сейчас бы я взялся, и с гораздо меньшими опасениями, чем были у меня во время того эксперимента, пропустить через свое тело посредством таких токов всю электрическую энергию динамо машин, работающих на Ниагаре — сорок или пятьдесят тысяч лошадиных сил. Я получил электрические осцилляции, которые были настолько интенсивными, что когда они циркулировали по моим рукам и груди, они плавили провода, которые шли к моим рукам, а я все равно не ощущал никаких неудобств. Я так сильно возбудил этими осцилляциями петлю из тяжелого медного провода, что куски металла, и даже предметы с электрическим сопротивлением существенно бо́льшим, чем человеческие ткани, близко поднесенные к петле или положенные внутрь нее, нагревались до высокой температуры и плавились, часто со скоростью взрыва, и даже в это самое пространство, где буйствовали эти разрушительные силы, я несколько раз засовывал свою голову ничего не ощущая и не испытывал каких-либо вредных последствий.

Другое наблюдение состояло в том, что с помощью таких осцилляции можно было новым и более экономичным образом получать свет, что обещало дать идеальную систему электрического освещения вакуумными трубками, освобождая от необходимости замены ламп или нитей накаливания и возможно также даже от использования проводов внутри зданий. Эффективность этого света возрастает пропорционально частоте осцилляции, и коммерческий успех, таким образом, зависит от экономичного получения электрических вибраций с частотами, выходящими за пределы обычных. В этом направлении я был вознагражден дальнейшими успехами, и практическое введение этой новой системы освещения уже недалеко.

Исследования привели меня к новым наблюдениям и результатам, одним из наиболее важных из которых была демонстрация осуществимости подачи электрической энергии через один провод без возвратного. Сначала я мог передавать этим новым способом только очень небольшие количества электрической энергии, но и в этом направлении мои усилия были вознаграждены таким же успехом.

Фотография, приведенная на Рис. 3, показывает, как поясняет надпись под ней, действительную передачу такого рода, выполненную с помощью аппарата, который использовался и в других описываемых здесь экспериментах. До какой степени эти устройства были усовершенствованы со времени моих первых демонстраций перед научным обществом в начале 1891, когда мой аппарат с трудом мог зажигать одну лампу (и этот результат считался удивительным), станет понятно, когда скажу, что этим методом сейчас без труда зажигаю четыре или пять сотен ламп, и мог бы зажигать намного больше. На самом деле, нет предела количеству энергии, которое может этим способом подаваться для задействования любого вида электрического устройства.

После демонстрации осуществимости этого способа передачи мне естественным образом пришла мысль использовать в качестве проводника Землю, тем самым избавившись от проводов совсем. Чем бы ни являлось электричество, это факт, что оно ведет себя как несжимаемая жидкость, и Землю можно рассматривать как огромный резервуар электричества, которое, как я полагаю, можно было бы эффективно распределять с помощью надлежащей электрической машины. Соответственно, мои дальнейшие усилия были направлены на разработку специального аппарата, который бы мог эффективно создавать возмущение электричества в Земле. Прогресс в этом новом направлении был, естественно, очень медленными, и работа удручала, пока я наконец не преуспел в создании нового вида трансформатора или индукционной катушки, практически подходящей для этой особой цели. То, что этим способом возможно не только передавать маленькие количества электрической энергии для работы точных электрических устройств, как я намеревался в начале, но и электрическую энергию в заметных количествах, станет понятно из рассмотрения Рис. 4, который показывает реальный эксперимент этого рода, выполненный с тем же аппаратом. Полученный результат был тем более замечателен, что верхний конец катушки не был подсоединен к проводу или пластине для усиления эффекта.

"БЕСПРОВОДНАЯ" ТЕЛЕГРАФИЯ — СЕКРЕТ НАСТРОЙКИ — ОШИБКИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ГЕРЦА — ПРИЕМНИК ЗАМЕЧАТЕЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Первым существенным результатом моих экспериментов в этом последнем направлении стала система телеграфии без проводов, которую я описал в двух научных лекциях в Феврале и Марте 1893. Она механически проиллюстрирована на диаграмме *C,* где в верхней части показана электрическая схема как я ее тогда описывал, а в нижней — ее механическая аналогия. Система в принципе чрезвычайно проста. Представьте два камертона, *F* и *F j;* один на передающей, а второй, соответственно, на принимающей станции, и у каждого к нижней ножке прикреплен маленький поршень *p,* вставленный в цилиндр. Оба цилиндра сообщаются с большим резервуаром *R,* с упругими стенками, который предполагается закрытым и наполнен легкой несжимаемой жидкостью. Если начать ударять по одному из рожек камертона *F,* то маленький поршень *p* под ним начнет вибрировать, и его вибрации, передаваемые через жидкость, достигнут удаленного камертона *Fj,* который "настроен" на камертон *F,* или, иначе говоря, имеет точно ту же ноту, что и первый. Тогда камертон *Fj* начнет вибрировать, и его вибрация будет усиливаться под постоянным воздействием находящегося на расстоянии камертона *F,* пока его верхний рог, достигнув достаточно сильного размаха, не войдет в электрическое соприкосновение с неподвижным контактом *c",* тем самым запуская электрические или иные устройства, которые можно использовать для записи сигнала. Этим простым способом две станции могут обмениваться сигналами, если еще установить такой же

контакт *C'* близко к рогу камертона *F,* так чтобы аппарат на каждой станции мог выступать и в качестве приемника, и в качестве передатчика.

Электрическая система, изображенная в верхней части диаграммы *c,* по принципу в точности такая же, два провода или цепи *ESP* и *EJSJPJ,* которые вертикально идут на [большую] высоту, соответствуют двум камертонам с прикрепленными к ним поршнями. Эти цепи подсоединены к земле через пластины *E* и *Ej,* и к двум находящимся на высоте металлическим листам *P* и *Pj,* которые сохраняют электричество и тем существенно усиливают эффект. Закрытый резервуар *R* с упругими стенками в этом случае заменяет Земля, а жидкость — электричество. Обе цепи "настроены" и работают точно так же, как два камертона. Вместо ударов по камертону *F* на передающей станции, в вертикальном передающем или отправляющем проводе *ESP* создаются, в результате действия стоящего на этом проводе источника *S,* электрические осцилляции, которые распространяются через землю и достигают

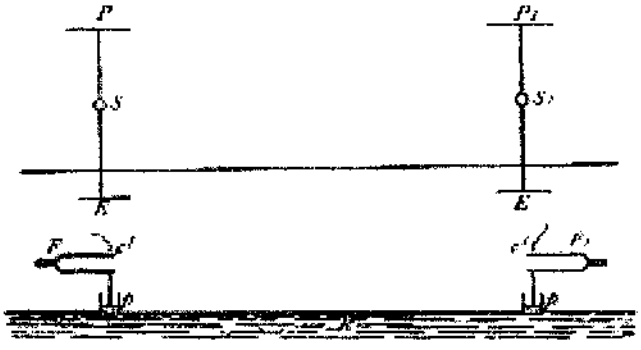


Диаграмма c. МЕХАНИЧЕСКАЯ ИЛЛЮСТРАЦИЯ "БЕСПРОВОДНОЙ" ТЕЛЕГРАФИИ.

удаленного вертикального принимающего провода *E/SJPJ,* возбуждая в нем ответные электрические осцилляции. В этот последний провод, или цепь, включено чувствительное устройство или приемник *S/*, который приводится таким образом в действие и заставляет срабатывать реле или другое устройство. Конечно, каждая станция имеет и источник электрических осцилляций *S,* и чувствительный приемник *Sj,* и приняты простейшие меры, чтобы каждый из двух проводов использовался либо для посылки, либо для приема сообщений.

Точная настройка двух цепей дает огромные преимущества, и на самом деле очень существенна при практическом использовании этой системы. В этом отношении существует много распространенных ошибок, и как правило, в технических отчетах по этому вопросу цепи и устройства описываются как этими преимуществами обладающие, хотя из самой их природы очевидно, что это невозможно. Чтобы достичь наилучших результатов важно, чтобы длина каждого провода или цепи от земли до самого верха была равна одной четвертой длины волны электрической вибрации в этом проводе, или же равнялась этой длине волны умноженной на нечетное число. Без соблюдения этого правила практически невозможно избежать интерференции и обеспечить приватность сообщений. Здесь и лежит секрет настройки. Чтобы добиться наиболее удовлетворительных результатов, нужно использовать электрические вибрации с низким питчем (периодом). Обычно применяемый экспериментаторами искровой аппарат Герца, который производит осцилляции с очень высокой частотой, не позволяет добиться эффективной настройки, и малейших возмущений достаточно, чтобы сделать обмен сообщениями невыполнимым. Но научно разработанные, эффективные аппараты допускают почти совершенную юстировку. Эксперимент, проведенный с улучшенным аппаратом, о котором неоднократно упоминалось, чтобы дать о нем представление, проиллюстрирован на Рис. 5, который достаточно легко понять из пояснения к нему.

С тех пор, как я описал эти принципы телеграфии без проводов, я имел много случаев отметить, что используются одни и те же особенности и элементы с ясной уверенностью, что сигналы передаются на значительные расстояния Герцевыми" излучениями. Это всего лишь одно из многих превратных представлений, которые взрасли на исследованиях почивших физиков. Около тридцати трех лет назад Максвелл, развивая заставляющий задуматься эксперимент Фарадея [поставленный] в 1845, построил идеально простую теорию, которая близко связала между собой свет, лучистое тепло и электрические явления, объясняя их все как следствия вибраций гипотетического непостижимо тонкого флюида, названного эфиром. Не было никаких экспериментальных подтверждений, пока Герц по предложению Гельмгольца не предпринял для этого ряд экспериментов. Герц проявил необыкновенную изобретательность и проницательность, но посвятил недостаточно усилий улучшению своего старомодного аппарата. В результате чего не смог наблюдать важную роль, которую играл воздух в его экспериментах, и которую я открыл впоследствии. Повторив его эксперимент и получив другие результаты, я рискнул указать на этот недосмотр. Сила доказательств, предоставленных Герцем в поддержку Максвелловской теории, лежала в правильной оценке частот вибраций использовавшихся им цепей. Но я удостоверился в том, что он не мог производить частоты, которые как он думал он получал. Вибрации, получаемые с помощью аппарата, идентичного тому, который использовал он, как правило, намного медленнее, что обусловлено присутствием воздуха, который оказывает ослабляющее воздействие на быстро вибрирующую электрическую цепь высокого напряжения, так же как жидкость на камертон. Я открыл с тех пор и другие причины ошибки, и давно перестал смотреть на его результаты как на экспериментальное подтверждение возвышенных концепций Максвелла. Эта работа великого Немецкого физика сработала как сильнейший стимул для электрических исследований в то время, но она также и, соразмерно, своим очарованием парализовала научные умы, препятствуя этим независимым исследованиям. Каждое новое явление, которое открывалось, должно было соответствовать этой теории, поэтому истина часто неосознанно искажалась.

Когда я развил эту систему телеграфии, моим умом владела идея осуществления коммуникации на расстояние через Землю или окружающую среду, практическую реализацию которой я считал неимоверно важной, главным образом благодаря нравственному воздействию, которое бы она не могла не оказать на весь мир. В качестве первого шага в направлении этой цели я предполагал, в то время, использовать релейные станции с настроенными цепями, надеясь сделать осуществимой передачу сигналов на огромные расстояния даже с помощью аппарата очень умеренной мощности, который тогда был в моем распоряжении. При этом, я был убежден, что с надлежащим оборудованием сигналы можно будет передавать в любую точку земного шара, не важно как далеко удаленную, без необходимости использования этих промежуточных станций. Меня привело к этому убеждению открытие странного электрического явления, которое я описал в начале 1892 в лекциях, прочитанных перед несколькими научными обществами за границей, и назвал "вращающейся щеткой". Это сноп света, который при определенных условиях образуется в вакуумной трубке, настолько чувствительный к магнитным и электрическим воздействиям, что это граничит со сверхъестественным. Этот сноп света быстро вращается под воздействием земного магнетизма, до двадцати тысяч оборотов в секунду, и направление вращения его в этой части света противоположно вращению в южном полушарии, а в области магнитного экватора он вообще не должен вращаться. В его наиболее чувствительном состоянии, которого добиться очень трудно, он с невероятной чуткостью откликается на электрические или магнитные воздействия. Можно различить, как на него воздействует даже простое напряжение мышц руки и вызываемое этим слабое электрическое изменением в теле исследователя, стоящего на некотором расстоянии от него. Когда он находится в этом высокочувствительном состоянии, он может регистрировать самые слабы магнитные и электрические изменения, происходящие в Земле. Наблюдение этого удивительного явления сильно впечатлило меня, убедив, что с его помощью можно осуществить связь на любом расстоянии, если сделать аппарат, способный производить, пусть и сколь бы то ни было малое, электрическое или магнитное изменение состояния земного шара или окружающей среды.

РАЗВИТИЕ НОВОГО ПРИНЦИПА — ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОСЦИЛЛЯТОР — ПРОИЗВЕДЕНИЕ КОЛОССАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ - ЗЕМЛЯ ОТВЕЧАЕТ ЧЕЛОВЕКУ — МЕЖПЛАНЕТНАЯ СВЯЗЬ ТЕПЕРЬ СТАЛА ВОЗМОЖНОЙ

Я решил сконцентрировать свои усилия на этой несколько рискованной задаче, хотя и сулившей огромное удовлетворение, потому что нужно было преодолеть такие трудности, что я мог надеяться осуществить это только за годы труда. Это означало задержку в другой работе, которой я хотел себя посвятить, но у меня была уверенность, что я не могу найти лучшего применения своим силам. Потому что я осознал, что эффективный аппарат для получения мощных электрических осцилляции, который необходим для этой конкретной цели, был ключом к решению большинства других электрических и, по сути, человеческих проблем. С его помощью становилась возможными не только связь без проводов и на любых расстояниях, но также и передача больших количеств энергии, сжигание атмосферного азота, производство эффективного освещения, и множество других результатов неоценимого научного и промышленного значения. И в конце концов я с удовлетворением смог выполнить предпринятую задачу с помощью нового принципа, суть которого основана на необыкновенных свойствах электрического конденсатора. Одно из них состоит в том, что он может разряжаться или взрывным образом освобождать запасенную в нем энергию за чрезвычайно короткое время. В этой взрывной стремительности он не знает себе равных. Взрыв динамита — просто вздох чахоточника по сравнению с его разрядом. Это средство получения самого сильного тока, самого высокого электрического напряжения, самого большого ответного движения в среде. Другие его свойства, столь же ценные, состоят в том, что его разряд может вибрировать с любой скоростью, до многих миллионов вибраций в секунду.

Я подошел к пределу частоты, достижимой другими способами, когда ко мне пришла счастлива мысль прибегнуть к конденсатору. Я построил такой прибор, чтобы он в быстрой последовательности попеременно заряжался и разряжался через катушку с несколькими витками толстого провода, образующего первичную обмотку трансформатора или индукционной катушки. Каждый раз, когда конденсатор разряжается, происходит колебание тока в первичном проводе и индуцирует соответствующие осцилляции во вторичном. Так, с применением уникальных качеств, присущих конденсатору, которые позволяют получать результаты, недостижимые иными путями, получился трансформатор или индукционная катушка на новых принципах, и я назвал ее "электрическим осциллятором". Теперь с помощью разработанного аппарата легко можно получать электрические эффекты любого вида и прежде немыслимой силы. Главные составляющие этого так часто упоминавшегося аппарата показаны на Рис. 6. Для определенных целей требуется сильный индукционный эффект, для других — самая большая возможная быстрота и внезапность, для третьих же — исключительно высокая частота вибраций или крайне высокое напряжение. Тогда как для ряда прочих целей нужны колоссальные электрические движения. Фотографии проведенных с таким осциллятором экспериментов, приведенные на рисунках 7, 8, 9 и 10, могут служить иллюстрацией некоторых из этих свойств и дать представление о масштабе реально полученных эффектов. Исчерпывающие пояснения к ним делают дальнейшее описание их ненужным.

Сколь бы экстраординарными ни казались показанные результаты, это всего лишь пустяк по сравнению с тем, что можно достичь с помощью аппарата, построенного на этих же принципах. Я производил электрические разряды, полный путь которых, от начала до конца, вероятно составлял более сотни футов в длину; но не трудно достичь длин и в сотни раз бóльших. Я производил электрические движения, протекавшие со скоростью приблизительно сто тысяч лошадиных сил, но легко можно получить скорости и в один, пять и даже десять миллионов лошадиных сил. Эффекты, полученные в этих экспериментах, несравненно превосходили все, производимые человеческой деятельностью, и эти результаты — только лишь эмбрион того, что должно быть.

То, что с таким аппаратом осуществима коммуникация без проводов с любой точкой на земном шаре, в доказательстве не нуждалось, но открытие, которое я сделал, дало мне абсолютную уверенность в этом. Популярно объясняя, это в точности следующее: Когда мы повышаем голос и слышим в ответ эхо, мы знаем, что звук голоса должен был достичь удаленной стены или какой-то границы, и отразиться от нее. Электрическая волна, в точности как звук, тоже отражается, и тому есть подтверждение такое же как эхо — это "стационарная" волна, то есть волна, у которой области узлов и пучностей неподвижны. Вместо того, чтобы посылать звуковые вибрации к удаленной стене, я посылал электрические вибрации к удаленным границам Земли, и мне вместо стены откликалась Земля. Вместо эхо я получил стационарную электрическую волну, волну, которая вдалеке отражалась.

Стационарные волны в Земле значат нечто большее, чем только телеграфию без проводов на любых расстояниях. Они позволят нам достичь многих важных научны результатов, иначе невозможных. Например, мы можем по желанию производить с посылающей станции электрическое воздействие в любом заданном месте земного шара; мы можем определять относительное положение или курс любого объекта, такого как судно в море, определять расстояние до него, или его скорость; или мы можем посылать по Земле волну электричества, двигающуюся с любой нужной нам скоростью, от черепашьей до скорости молнии.

С такими возможностями у нас есть все основания ожидать, что в не очень отдаленном времени большинство телеграфных сообщений через океан будет передаваться без кабелей. На коротких расстояниях будет "беспроводной" телефон, для которого не нужны будут специальные операторы. Чем больше расстояние нужно покрывать, тем более рациональной становится связь без проводов. Кабель — это не только легко разрушаемое и дорогое сооружение, он также ограничивает нас по скорости передачи в силу определенных электрических свойств, неотделимых от его конструкции. По рабочей мощности соответствующим образом построенная станция для осуществления беспроводных коммуникаций несомненно будет многократно превышать способности кабеля и будет обходиться несравненно дешевле. Не много времени пройдет, я уверен, когда коммуникации через кабель устареют, потому что передача сигналов этим новым способом будет не только быстрее и дешевле, но и намного надежней. С помощью некоторых новых способов для изолирования сообщений, которые я разработал, будет соблюдаться практически полная секретность.

Я наблюдал вышеуказанные эффекты до сих пор только вплоть до расстояний, ограниченных примерно шестьюстами милями, но поскольку нет практически никакого предела мощности производимых таким осциллятором вибраций, я ощущаю совершенную уверенность в том, что такой станция с успехом будет выполнять трансокеаническую связь. Но это еще не все. Мои измерения и расчеты показали, что с помощью этих принципов вполне осуществимо производить на нашей Земле электрическое движение такой амплитуды, что, без малейшего сомнения, что его воздействие будет восприниматься на ряде ближайших к нам планет, как например Венера и Марс. Так из просто возможного межпланетная связь переходит в стадию вероятной. На самом деле, то, что мы можем произвести различимый эффект на одной из этих планет этим новым способом, а именно, возмущая электрическое состояние Земли, не вызывает никаких сомнений. При этом, данный путь осуществления подобной коммуникации существенно отличается от всех других, которые предлагались учеными до сих пор. Во всех предыдущих только малая часть совокупной энергии, достигающей планеты — столько, сколько может быть сконцентрировано рефлектором, — могла бы быть использована предполагаемым наблюдателем в его инструменте. Но в способе, который разработал я, он бы мог сконцентрировать в своем инструменте бо́льшую часть полной энергии, переданной на его планету, и шансы, что он заметит, тем самым возрастают в миллионы раз.

Помимо оборудования для произведения вибраций необходимой силы, мы должны иметь чувствительный средства, способные обнаружить эффекты слабых воздействий, оказываемых

на Землю. Для этих целей я тоже разработал новые методы. С их помощью мы также сможем, помимо прочего, на значительном расстоянии определять присутствие айсберга или другого объекта в море. Также, я с их помощью открыл некоторые земные явления, до сих пор необъясненные. То, что мы можем послать на планету сообщение — определенно, то, что мы можем получить ответ — вероятно: человек не единственное существо в Бесконечном, наделенное разумом.

ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ЛЮБОЕ РАССТОЯНИЕ БЕЗ ПРОВОДОВ - ТЕПЕРЬ ЭТО ОСУЩЕСТВИМО — ЛУЧШИЕ СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ СИЛЫ, УСКОРЯЮЩЕЙ ЧЕЛОВЕЧЕСКУЮ МАССУ

Самое ценное наблюдение, сделанное в ходе этих исследований, было необычное поведение атмосферы в ответ на электрические импульсы огромной электродвижущей силы. Эксперименты показали, что воздух при обычном давлении различимо становится проводящим, и это открывает удивительные перспективы для передачи больших количеств электрической энергии в промышленных целях на большие расстояния без проводов, возможность которой до настоящего времени считалась только научной мечтой. Дальнейшие исследования обнаружили важный факт, что эта проводимость, которую приобретает воздух в результате электрических импульсов в много миллионов вольт, очень быстро растет по мере разрежения, так что воздушные слои на очень небольших высотах, которые легко достижимы, дают для токов этого рода, по всем экспериментальным доказательствам, идеальный проводящий путь, лучший нежели медный провод.

Так что открытие этих новых свойств атмосферы не только дает возможности передаваться электрическую энергию без проводов и в больших количествах, но и, что еще более существенно, позволяет быть уверенными в экономичности передачи энергии этим способом. В этой новой системе будет иметь очень маленькое значение - а по сути, практически никакого, - осуществляется ли передача на несколько миль, или на несколько тысяч миль.

Хотя я, пока что, в действительности не выполнял передачу этим новым методом значительных количеств энергии, таких, которые бы имели промышленное значение, на большие расстояния, я работал с несколькими моделирующими станциями при точно таких же условиях, которые будут на больших станциях этого типа, и осуществимость этой системы была доказана полностью. Эксперименты убедительно показали, что при двух контактах, поднятых на высоту не более, чем от тридцати до тридцати пяти тысяч футов над уровнем моря, и при напряжении от пятнадцати до двадцати миллионов вольт, может передаваться энергия в тысячи лошадиных сил на расстояния и в сотни, и, если нужно, в тысячи миль. Тем не менее, я надеюсь, что мне удастся очень существенно уменьшить высоту подъема контактов, и сейчас прорабатываю идею, которая обещает помочь это сделать. Есть, конечно же, распространенное предубеждение против использования электрического напряжения в миллионы вольт, которое может вызывать искры, летящие на расстояния в сотни футов, но как это ни парадоксально, система, которую я описал в технической публикации, обеспечивает гораздо бо́льшую личную безопасность, чем обычные распределительные сети, используемые сейчас в городах. Это в полной мере подтверждается тем фактом, что хотя я проводил подобные эксперименты много лет, ни я, ни мои помощники не получили никаких травм или повреждений.

Но чтобы можно было реализовать эту систему практически, нужно еще выполнить много важных требований. Недостаточно просто сделать устройства, с помощью которых может выполняться такая передача энергии. Технические средства должны быть такими, чтобы преобразование и передача электрической энергии проходили очень экономично и практично. Более того, нужно создать стимул для тех, кто работает в области промышленного использования природных источников энергии, таких как водопады, обеспечив им более

высокую отдачу от вложенных капиталов, чем они могут получить от частной собственности.

С того момента, когда было обнаружено, что вопреки устоявшемуся мнению, низкие и легко достижимые слои атмосферы могут проводить электричество, передача электрической энергии без проводов стала инженерной рациональной задачей, и самой важной при этом. Ее практическое разрешение означало бы, что человек может использовать энергию в любом уголке земного шара, и не в тех малых количествах, которые могла добывать соответствующая техника из окружающей среды, но в количествах практически не ограниченных, получаемых от водопадов. Тогда экспорт энергии стал бы основным доходом многих удачно расположенных стран, таких как Соединенные Штаты, Канада, Центральная и Южная Америка, Швейцария и Швеция. Люди могли бы где угодно поселяться, без труда удобрять и осушать почву, и превращать выжженые пустыни в цветущие сады, и весь земной шар станет более удобным обиталищем для человечества. Очень вероятно, что если на Марсе есть разумные существа, то они давно осуществили именно эту идею, что как раз и объясняет замеченные астрономами изменения на его поверхности. Задача упрощается еще и тем, что атмосфера на этой планете намного менее плотная, чем на Земле.

Возможно, скоро у нас будет само-действующий тепловой двигатель, способный извлекать небольшие количества энергии из окружающей среды. Есть также возможность - хотя и очень небольшая, - что мы сможем получать энергию напрямую от солнца. Это может быть так, если теория Максвелла верна, а в соответствии с ней от солнца должны исходить вибрации на всех частотах. Я все еще изучаю это вопрос. Сэр Вильям Крукс в своем прекрасном изобретении под названием "радиометр" показал, что лучи при соударении с телом могут производить механический эффект, а это может привести нас к некоторым важным открытиям в использовании солнечных лучей новым способом. Может быть, будут открыты новые источники энергии и новые способы получения энергии от солнца, но ниодно из подобных достижений не может сравняться по важности с передачей энергии на любое расстояние через среду. Я не могу себе представить никакого другого технического новшества, которое бы более действенно, чем это объединило бы разрозненные части человечества, или же такое, которое бы дало больший вклад в человеческую энергии и в ее экономию. Это было бы лучшим путем ускорения человеческой массы. Одно только духовное влияние такого радикального изменения было бы неисчислимым. С другой стороны, если в любой точке земного шара можно будет в ограниченных количествах получать энергию из окружающей среды с помощью само-действующего теплового двигателя или неким иным образом, то условия останутся теми же, что и раньше. Производительность человека вырастет, но люди как были, так и останутся чужаками друг для друга.

Я предвижу, что многие, кто не готов к этим результатам, которые в результате долгого и близкого знакомства стали для меня простыми и очевидными, все еще считают их далекими от практического применения. Такая незадействованность и даже противодействие некоторых полезна как качество и необходима как составляющая человеческого прогресса, так же как быстрая восприимчивость и энтузиазм других. Потому что масса, которая сначала сопротивляется силе, когда приходит в движение, дает вклад в энергию. Ученый не ориентируется на мгновенный результат. Он не ждет, что передовые идеи будут сразу же восприняты. Его работа как работа сеятеля - для будущего. Его обязанность - заложить фундамент для тех, кто придет, и указать направление. Он живет, трудится и надеется, как сказал поэт,

Schaff, das Tagwerk meiner H'dnde,
Hohes Glück, dass ich's vollende!
Lass, o lass mich nicht ermatten!

Nein, es sind nicht leere Trdume:
Jetzt nur Stangen, diese B'dume
Geben eins noch Frucht und Schatten. [1]

---

[1] *И.-В. Гете,"Надежда". Вот два известных перевода:*

Приведи мой труд смиренный,
Счастье, к цели вожделенной!
Дай управиться с трудами!
Да, я вижу верным взглядом
Эти прутья станут садом,
Щедрым тенью и плодами.

(перевод М. Лозинского)

Молюсь поспешнице Надежде:
Присутствуй при трудах моих!
Не дай ты утомиться прежде,
Пока я не окончу их
Так! верю я, что оправдится
Твой утешительный глагол:
Терпеньелишь — труд наградится;
Безветвенный отсадок гол
Даст некогда плоды и листьем осенится.

(перевод А.Х. Востокова)

(п.п.)

3

ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ БЕЗ ПРОВОДОВ*

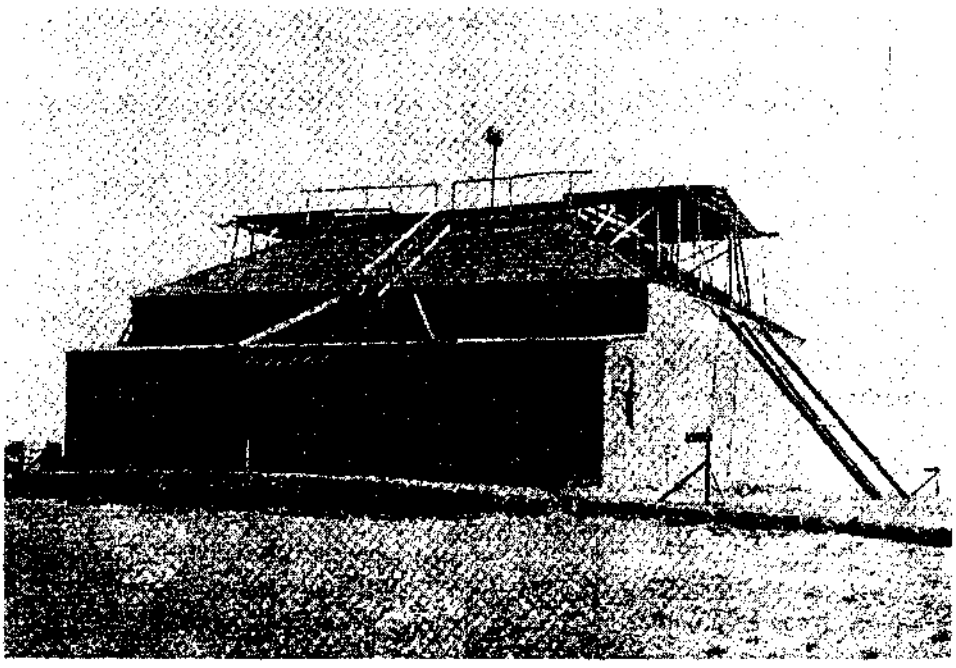
К концу 1898 систематические исследования, проводившиеся много лет с целью усовершенствования метода передачи электрической энергии через естественную среду, привели меня к пониманию трех важных потребностей; Первая — разработать передатчик огромной энергии; вторая — усовершенствовать способы индивидуализирования и изолирования передаваемой энергии; и третья — выяснить законы распространения токов через землю и атмосферу. Различные причины, из которых не последней была помощь, предложенная мне моим другом Леонардом Е. Кертисом и Электрической Компанией Колорадо Спрингс, определили для меня выбор в качестве места проведения экспериментальных исследований большого плато на высоте двух тысяч метров над уровнем моря по соседству с очаровательным курортом, куда я и добрался к концу Мая 1899. Пробыв там всего лишь несколько дней, я смог поздравить себя со счастливым выбором и приступил к задаче, к которой я так долго готовил себя, с чувством благодарности и полный вдохновляющей надеждой. Совершенная чистота воздуха, несравненная красота неба, впечатляющий вид цепи гор, мир и покой места — все вокруг делало условия для научной работы идеальными. К этому добавлялось бодрящее действие славного климата и необыкновенное обострение чувств. В таких местах органы испытывают ощутимые физические перемены. Глаза обретают необычайную прозрачность, улучшающую зрение, а слух просушивается и становится более чутким к звукам. Объекты можно ясно различать там на расстояниях, о которых лучше бы сказал кто-нибудь другой. И я слышал — я могу рискнуть поручиться за это — удары грома на за семь и восемь сотен километров. Я мог бы достичь и еще большего, не будь так утомительно ждать прихода звука в определенные промежутки времени, после того как регистрирующий электрический прибор давал оповещение — примерно за час.

В середине Июня, пока шли приготовления к другой работе я собрал один из моих принимающих трансформаторов, собираясь определить новым способом, экспериментально, электрический потенциал земного шара и изучить его периодичность и случайные флюктуации. Это было частью заранее тщательно проработанного плана. Во вторичную цепь был включен высокочувствительный самовосстанавливающийся прибор, управляющий записывающим устройством, а к первичная была подключена к заземлению и к поднятому контакту регулируемой емкости. Изменения потенциала давали рост электрических колебаний в первичной цепи; которые порождали вторичные токи, которые в свою очередь влияли на чувствительный прибор и записывающее устройство пропорционально их интенсивности. Нигде нельзя было найти лучших условий для наблюдений, которые я намеревался проделать. Колорадо — это страна, известная своими проявлениями электрических сил. В этой сухой и разреженной атмосфере солнечные лучи неистово палят все окружающие предметы. Я поднял напор в бочках с концентрированным раствором соли до опасного давления, и обкладки из

* The! Electrical World and Engineer, 5 Марта, 1904 г.

оловянной фольги у некоторых из моих высотных контактов сморщились в огненной вспышке. Экспериментальный трансформатор высокого напряжения, беспечно подставленный лучам заходящего солнца, и большая часть его изолирующего наполнителя выплавилась и сделалась непригодной. Вода испаряется как в перегонном котле, чему способствует сухость и разреженность воздуха, и в избытке появляется статическое электричество. Соответственно, разряды молний очень часты и порой неимоверной силы. Однажды произошло примерно двенадцать тысяч разрядов за два часа, и все в радиусе определенном меньшем, чем пятьдесят километров от лаборатории. Многие из них походили на гигантские деревья огня стволами вверх или вниз. Я никогда не видел огненных шаров, но в возмещение моих неприятностей я преуспел позднее в определении способа их появления и получении их искусственным образом.

Во второй половине того же месяца я несколько раз замечал, что разряды, происходившие



Экспериментальная Лаборатория, Колорадо Спрингс.

на огромных расстояниях, влияли на мои приборы сильнее, чем те, что были близко. Это весьма озадачило меня. В чем была причина? Многочисленные наблюдения свидетельствовали, что этого не могло быть благодаря разнице в интенсивности отдельных разрядов, и я без труда убедился, что это явление не было результатом изменяющегося отношения между периодами моих принимающих цепей и земных возмущений. Однажды ночью, когда я шел с ассистентом домой обдумывая эти опыты, меня поразила одна мысль. Она явилась мне много лет назад, когда я писал главу моих лекций для Института Франклина и Национальной Ассоциации Электрического Света, но я отверг ее как абсурдную и невозможную. Я вновь отогнал ее. Тем не менее, мой инстинкт среагировал, и я неким образом ощутил, что я на пороге великого откровения.

Это было третьего Июля — дата, которую я никогда не забуду, — когда я получил первое бесспорное экспериментальное доказательство истины, имеющей чрезвычайное значения для прогресса человечества. На западе собралась плотная масса сильно заряженных облаков, и к вечеру на свободу вырвалась безумная гроза, которая, растратив большую часть своей ярости в горах, рассеялась по равнинам. Крупные и длительные дуги образовывались через почти одинаковые промежутки времени. Теперь, благодаря уже приобретенному опыту, мои



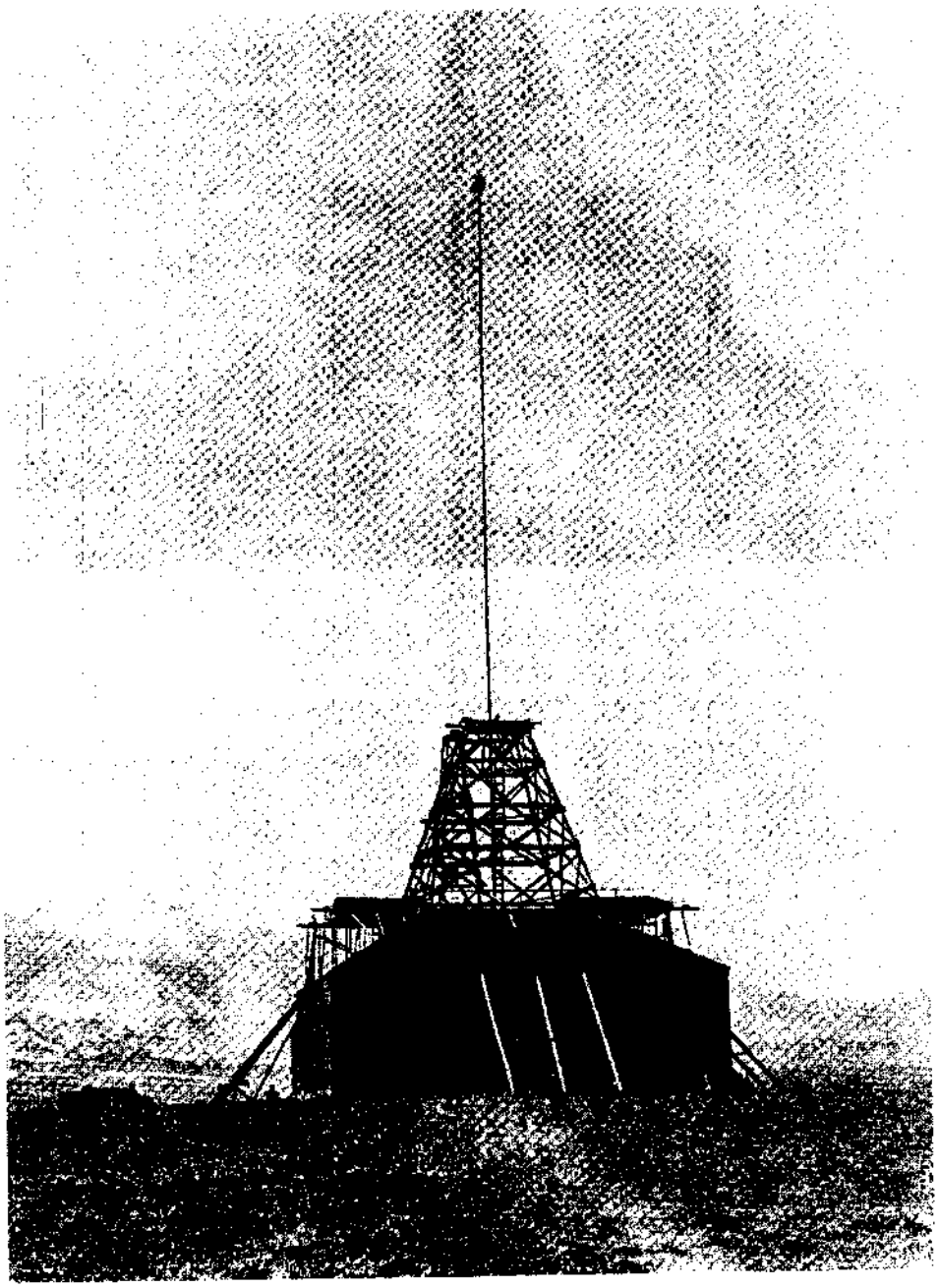
Центральная Электростанция и Передающая Башня для "Мировой Телеграфии",
Лонг Айленд, Нью Йорк.

наблюдения значительно продвинулись и стали более точными. Я мог быстро работать со своими приборами и я был готов. Регистрирующий прибор был настроен как надо, и вот его показания становились все слабее и слабее по мере возрастания расстояния до грозы, пока не прекратились совсем. Я с нетерпением ждал. И действительно, совсем скоро показания возобновились, становясь сильнее и сильнее, и, пройдя через максимум, постепенно уменьшились и опять исчезли. Много раз с повторяющимися интервалами то же самое повторялось, пока гроза, которая, как было очевидно из простейших расчетов, двигалась с практически постоянной скоростью, не удалилась на расстояние около трех сотен километров. И при этом эти странные явления не прекратились, но продолжились с неуменьшающейся силой. Впоследствии такие же наблюдения были проделаны моим ассистентом, М-ром Фрицем Ловенштейном, а вскоре представилось несколько замечательных возможностей, которые выявили, еще сильнее и безошибочнее, истинную природу удивительно явления. Никаких сомнений не осталось: я наблюдал стационарные волны.

Поскольку источник возмущений удалялся, принимающая цепь проходила последовательно через узлы и пучности. Как ни невозможно это казалось, наша планета, несмотря на огромную протяженность, вела себя как проводник ограниченных размеров. Громадное значение этого явления при передаче энергии моей системой уже стало для меня совершенно ясным. Можно было не только осуществить передачу телеграфных сообщений без проводов на любое расстояние, что я понял давно, но также и воздействовать на весь земной шар слабыми модуляциями человеческого голоса, и более того, передавать энергию, в неограниченных количествах, на любое расстояние на Земле и почти без потерь.

Увидев эти изумительные возможности, и имея перед собой доказательство того, что их реализация отныне стала лишь вопросом специальных знаний, терпения и умения, я решительно набросился на разработку моего усиливающего передатчика, теперь уже, однако, не столько ради изначального намерения сделать передатчик огромной мощности, сколько с целью изучить, как построить наилучший передатчик. Это, по сути, цепь с очень высокой самоиндукцией и маленьким сопротивлением, способы возбуждения и действия которой, можно так сказать, диаметрально противоположны передающей цепи, типичной для телеграфии с помощью электромагнитного излучения или излучения Герца. Трудно даже составить адекватное представление об удивительных возможностях такого уникального устройства, при помощи которого земной шар будет преображен. Если свести электромагнитные излучения к незначительным их уровням, и поддерживать нужные условия резонанса, то эта цепь работает как колоссальный маятник, бесконечно сохраняющий энергию первичных возбуждающих импульсов и воздействий в системе, которую составляют Земля и однородные гармонические колебания ее проводящей атмосферы, интенсивность которых, как показали описанные испытания, можно развить настолько, что она превзойдет интенсивность природных проявлений статического электричества.

Одновременно с этими стремлениями были понемногу улучшены способы индивидуализации. Этому придавалось огромное значение, потому что было обнаружено, что Простой настройки недостаточно для того, чтобы отвечать жестким требованиям практики. Я отношу происхождение основополагающей идеи, состоящей в том, чтобы воспользоваться большим числом индивидуально отличных элементов, объединенных совместно, в целях обособления передаваемой энергии к моему внимательному чтению ясного и заставляющего задуматься изложению Спенсером механизма работы человеческого нерва. Влияние этого принципа на передачу информации, и электрической энергии в целом, пока что нельзя оценить, ибо это направление пока еще находится в зачаточном состоянии; но много тысяч одновременных телеграфных и телефонных сообщений через один единственный проводящий канал, естественный или искусственный, и без существенного взаимного влияния [их друг на



Экспериментальная Лаборатория, Колорадо Спрингс.

друга], — [это] определенно осуществимо, а миллионы — возможны. С другой стороны, можно достичь любой желаемой степени индивидуализации с помощью огромного количества совместно действующих элементов и произвольное варьирование их отличительных особенностей и порядка следования. Очевидно, что этот принцип будет действовать и при увеличении расстояния передачи.

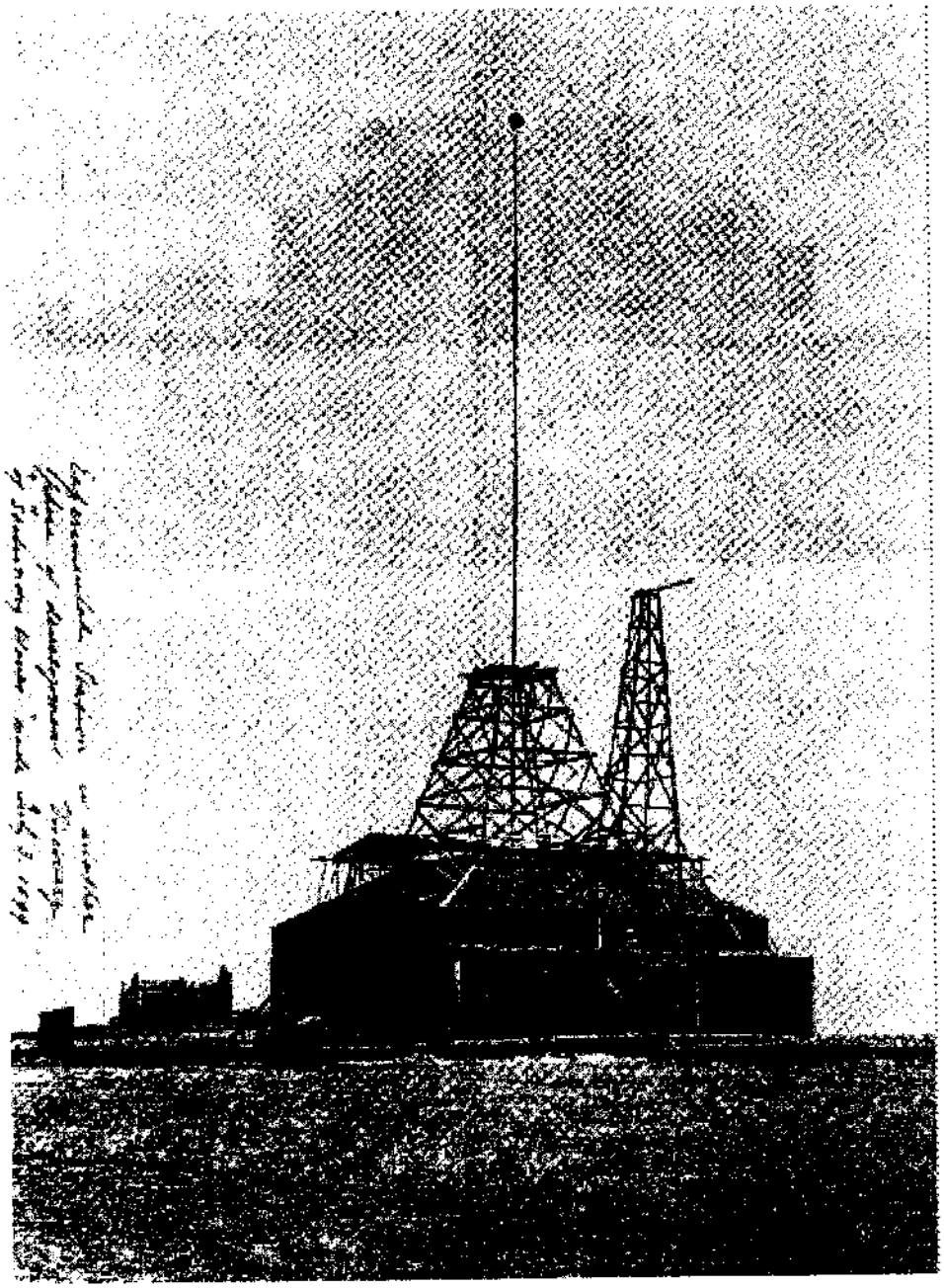
Продвижение вперед при [всей его] неизбежной медленности было постоянным и уверенным, потому что поставленные цели лежали в направлении моих постоянных исследований и занятий. Поэтому неудивительно, что еще до конца 1899 я завершил взятую на себя работу и достиг результатов, которые я анонсировал в моей статье в Century Magazine за Июнь 1900, каждое слово которой было тщательно взвешено.

Многое уже выполнено в направлении, чтобы сделать мою систему коммерчески пригодной, как в передаче энергии малыми количествами для особых целей, так и в промышленном масштабе. Достигнутые мной результаты сделали мою схему передачи информации, для которой было предложено название "Мировая Телеграфия", легко осуществимой. Я убежден, что она являет собой, в ее принципе действия, используемых подходах и возможностях применения, радикальный и плодотворный поворот от всего, что было сделано до этого. У меня нет сомнений, что она окажется очень эффективной в просвещении масс, особенно во все еще нецивилизованных странах и труднодоступных регионах, и внесет ощутимый вклад в целом в безопасность, комфорт и удобство, и поддержание мирных отношений. В нее входит использование большого числа установок, все из которых способны передавать индивидуализированные сигналы в самые отдаленные пределы Земли. Предпочтительно будет разместить каждую из них вблизи каких-либо центров цивилизации, и тогда новости, которые каждая будет получать по какому-либо каналу, будут сбрасываться во все точки земного шара. Тогда дешевое и простое устройство, которое каждый сможет носить в кармане, и которое может находиться где угодно в море или на суше, будет записывать мировые новости или специальные сообщения, которые предназначаются для него. Таким образом вся Земля превратится в гигантский мозг, способная реагировать каждой своей частью. Так как каждая отдельная установка всего лишь в одну сотню лошадиных сил может обрабатывать сотни миллионов посланий, система будет иметь практически бесконечную производительность. И это непременно должно неизмеримо способствовать передаче информации и удешевить ее.

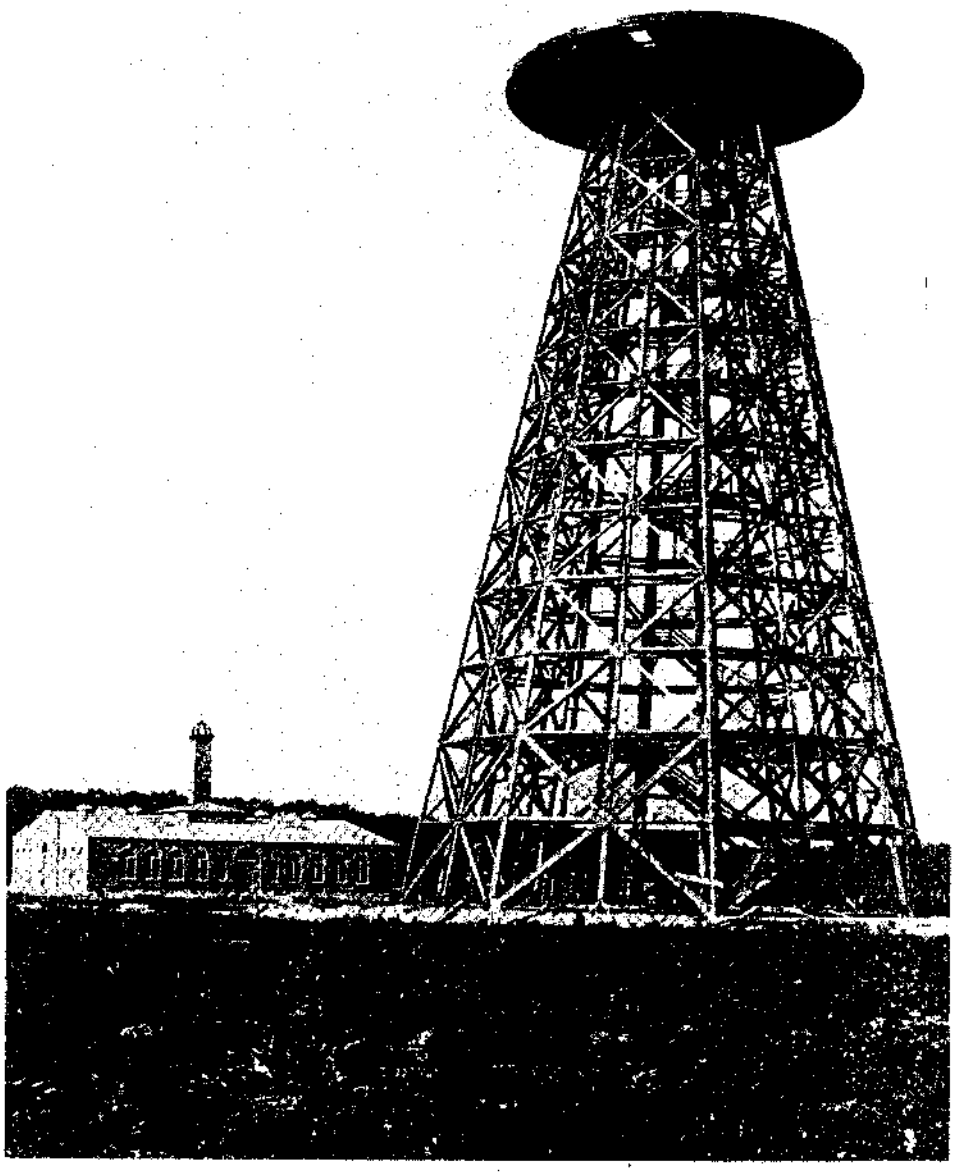
Первая из этих центральных установок была бы уже завершена, если бы не непредвиденные задержки, которые, к счастью, не имеют никакого отношения к ее чисто техническим свойствам. Хотя эта потеря времени и неприятна, но может быть, в конце концов, нет худа без добра. Был принят лучший проект из всех которые я знал, и передатчик будет излучать совокупность волн с общей максимальной мощностью в десять миллионов лошадиных сил, одного процента от которой вполне достаточно, чтобы "опоясать земной шар". Перенос такой огромной энергии, приблизительно вдвое большей всех водопадов Ниагары, достижим только с помощью определенных ухищрений, которые я обнародую в должное время.

Большей частью этой работы, проделанной мной до сих пор, я обязан великодушной щедрости М-ра Дж. Пьерпонта Моргана, которая была тем более желанной и стимулирующей, что она продолжалась и в то время, когда те, кто до этого обещал больше всех, стали больше всех сомневаться. Я должен также поблагодарить моего друга, Стэнфорда Уайта, за очень бескорыстную и значимую помощь. Данная работа сейчас продвинулась далеко, и хотя результаты может быть несколько запаздывают, они непременно будут.

Между тем, не забыта и передача энергии в индустриальных масштабах. Компания Canadian Niagara Power Company предложила мне великолепный стимул, и кроме достижения успеха ради искусства, я получу величайшее удовлетворение, сделав их концессию финансово прибыльной для них. На этой первой энергетической установке, которую я долгое время



Экспериментальная Лаборатория, Колорадо, построена Летом 1899.



Центральная Энергетическая Установка, Передающая Башня и Лаборатория
для "Мировой Телеграфии", Вандерклиффе, Лонг Айленд.

проектировал, я предполагаю осуществлять распределение десяти тысяч лошадиных сил под напряжением в сто миллионов вольт, которые я сейчас могу получать и безопасно с ними работать.

Эта энергия будет приниматься по всему земному шару предпочтительно малыми количествами, от долей до нескольких единиц лошадиных сил. Одним из ее главных применений будет иллюминация отдаленных домов. На освещение жилища с помощью вакуумных трубок, работающих от высокочастотных токов, уходит очень мало мощности, и в каждом случае будет достаточно невысокого контакта над крышей. Другое важное применение — это приведение в движение часов и других подобных устройств. Эти часы будут чрезвычайно простыми и не будут требовать к себе никакого внимания, и они будут показывать очень точное время. Идея распространения на Земле Американского времени пленительна и весьма возможно станет популярной. Есть бесчисленное множество устройств всех видов, которые либо уже используются сейчас, либо могут быть произведены, и работая с которыми таким вот способом я смогу предоставить эти удобства всему миру, используя установку не более чем в десять тысяч лошадиных сил. Введение в действие этой системы даст возможности для изобретений и производства, которых не представлялись никогда прежде.

Понимая далеко идущее значение этой первой попытки и ее влияние на дальнейшее развитие событий, я должен двигаться медленно и осторожно. Опыт подсказывает мне не называть срока для предприятия, завершение которого не полностью зависит от моих собственных возможностей и усилий. Но я надеюсь, что выполнение этих огромных планов уже недалеко, и я знаю, что когда эта первая работа будет завершена, дальше они последуют с математической точностью.

Когда будет полностью понята случайно открытая и экспериментально подтвержденная великая истина, состоящая в том, что эта планета, при всей ее ужасающей огромности, для электрических токов — не более чем маленький металлический шар, и что это открывает множество возможностей, которые трудно вообразить, и последствия которых неисчислимы, и которые абсолютно непременно будут реализованы. Когда будет открыта первая установка, и показано, что телеграфное сообщение, столь же секретное и неуловимое, как мысль, можно передать на любое расстояние на Земле, звук человеческого голоса, со всеми его интонациями и модуляциями, достоверно и мгновенно воспроизводится в любой точке земного шара, энергия водопада доступна для обеспечения освещения, тепла или движущей силы, везде — в море, или на суше, или высоко в воздухе, — человечество станет как муравейник, растревоженный палкой: Смотрите, какая поднимается суматоха!

---

* The Century Illustrated Monthly Magazine, Июнь 1900 г.

4

НАУКА И ОТКРЫТИЯ — ВЕЛИКИЕ СИЛЫ, КОТОРЫЕ ПРИВЕДУТ К КОНЦУ ВОЙНЫ*

Что бы ни таили в себе грядущие века для человеческой расы, развитие, которое шло до сих пор, говорит о том, что вероятный ее удел — это вечные раздоры. Цивилизации самой по себе, очевидно, недостаточно для обеспечения постоянного мира на Земле. Она лишь сдерживает конфликт, усиливая его интенсивность и размах, делая его страшным и разрушительным.

Нынешний колоссальный конфликт сам по себе производит впечатление, создает чувство страха, ощущение серьезности, вытекающее из знания, что на мир свалилось ужасное бедствие, большее, чем любое из тех, что хранят анналы истории. Внезапно очнувшись от фантазий о безопасности и оказавшись перед сознанием неожиданной и вселенской угрозы, нации стоят ошеломленные. Как если бы случился огромный сдвиг суши, как если бы гигантские силы были спущены с цепи, угрожая всему земному шару.

Никогда ранее не были вовлечены в битву такие гигантские армии и не применялись столь страшные орудия разрушения; никогда победа столь сильно не зависела от вооружений. Потери уже составили десятки миллиардов долларов; более чем три миллиона человек убито или искалечено, и на каждого из них приходится десять, по меньшей мере, которые превратились в нервные развалины, чьи страдания будут оказывать влияние на последующие поколения и омрачать их дни. Весь мир, полный бесчисленных жертв, разрываясь от тревоги, спрашивает себя, как долго будет продолжаться это массовое убийство и кощунственное опустошение.

Война по сути — это проявления энергии, включая ускорение и замедление массы силой. В таком случае, есть универсальная установленная истина, что время, необходимое для сообщения данной скорости и импульса, пропорционально массе. Тот же закон применим и к исчезновению скорости и импульса силой сопротивления. Переводя на обычный язык, это означает, что период или продолжительность вооруженного конфликта теоретически пропорциональна величине армий или количеству бойцов.

Очевидно, при этом предполагается, что ресурсы достаточны и все другие условия равны. Более того, делая дедуктивные выводы из предыдущих войн, надо принимать в рассмотрение большое количество факторов, и истинные значения всех величин должны оцениваться на основании статистических и прочих данных. Считая, что в текущий конфликт, как кажется, вовлечено 12,000,000 человек, сравнение с предыдущими войнами дает следующие результаты:

Войны	Число Сражающихся	Длительность Лет	Месяцев	Примечания
Гражданская война	4,600,000	4	..	Тормозилась расстояниями, плохими коммуникациями и неэффективными вооружениями.
Нынешняя война	12,000,000	10		
Франко-Германская война	1,700,000	..	13	Недостаточно современное снаряжение.
Нынешняя война	12,000,000	7	6	

* The Sun, Dec. 20, 1914. (Под заголовком "Nikola Tesla looks to Science to end the War")

Русско-Японская война	2,200,000	1	6	Затянулась из-за расстояний, плохих коммуникаций и природы кампании.
Нынешняя война	12,000,000	8		
Первая Балканская война				
война	1,200,000	..	6	Во всех отношениях на уровне современных требований.
Нынешняя война	12,000,000	5		
Гипотетическая усредненная война	2,425,000	1	9	На длиительыюсть влияют самые различные причины.
Нынешняя война	12,000,000	8	6	

В этих сравнительных оценках получились бы гораздо более согласованные и короткие периоды, если бы имеющиеся данные были бы, как говорилось, скорректированы, и сделаны необходимые поправки на средства транспорта и связи, возросшую мощь и разрушительность вооружений и другие факторы, которые увеличивают скорость подачи энергии и тем самым ускоряют завершение конфликта. Наилучшие выводы дает Балканская война как наиболее современная, и в соответствии с ней продолжительность должна быть пять лет. Даже при том, что это грубое приближение, его достаточно, чтобы показать, что за исключением возможности какого-нибудь непредвиденного развития событий, эта война будет долгой.

На самом деле, из чисто научных соображений представляется, что конфликт столь огромного масштаба может закончиться только в результате истощения [ресурсов]. Громадный размах фронта сражений, обусловленный численностями, и вытекающая из этого невозможность нанесения решительного удара, являются дополнительными аргументами в пользу данной теории. Также очень важно в этой связи отметить, как изначальные линии фронтов, определенные заранее стратегией, постепенно сместились и выпрямились, и контакт между борющимися массами в итоге установился по линиям, определяемым естественным законом и грубой силой вопреки военному замыслу. Вероятность такого финала выросла за счет того факта, что вторжения и беспорядки распространились на огромную территорию, делая в некоторых регионах снабжение предметами первой необходимости чрезвычайно сложным.

Далее, если считать эту теорию правильной, мы должны ожидать, что при сохранении нормальных условий борьба будет продолжаться более или менее в соответствии с формой, которую может принять израсходование ресурсов. Недостаток продовольствия, износ и нехватка техники, потребность в металлах, химикатах и амуниции, нехватка доступного капитала, невозможность подачи подготовленных людей или полнейшее истощение человеческой энергии — вот некоторые из элементов, которые надо учитывать, и каждый из которых может вызвать раннее прекращение военных действий. Можно легко показать, что война не может продолжаться долго с ее нынешней интенсивностью.

Ежедневно на военные операции уходит более чем сорок миллионов долларов, и судя по сегодняшним данным о потерях, в среднем двадцать пять тысяч человек ежедневно теряется убитыми и ранеными в сражениях. При такой скорости только лишь еще пять месяцев активной кампании приведут к затратам в пять миллиардов долларов и потерям жизней трех миллионов человек. Это, очевидно, слишком большое бремя, чтобы его можно было вынести, и даже если бы имелись в наличии средства для борьбы, капитала точно не хватит. Таким образом, можно было бы с уверенностью заключить, что мир восстановился бы до следующей зимы, если бы не возможность, и даже вероятность тупиковой ситуации, которая была бы худшим из зол, потому что, ввиду реальной причины проблемы и темперамента народов, которые в нее втянуты, он не может не растянуть войну на годы.

Предсказывать — дело неблагодарное, но научное предсказание — это полезный вид занятий, и оно было бы еще более полезным, если бы человеческая натура не была бы столь склонна оставлять советы и уроки без внимания. Проведя тщательное исследование данной ситуации, эксперт может предсказать определенные события с совершенной уверенностью. Сейчас есть только три возможных исхода нынешней войны: первый — крушение Австрии; второй — завоевание Англии немцами, и третий — истощение и разгром Германии.

Падение Австрии неизбежно и должно произойти в течение следующих нескольких месяцев. Она может игнорировать влияние Ґермании и независимо бороться за мир, чтобы спасти себя, но сомнительно, чтобы она смогла предложить Антанте что-нибудь приемлемое. Ґораздо более вероятно, что старый Император, уставший от жизни и осознающий, что дело Австрии несправедливо, самостоятельно отречется от престола и будет предлагать раздел [Империи].

Это будет неплохо для находящейся в трудном положении Ґермании, потому что откроет возможность установить мир на условиях, которые не будут унизительными и уравновесит для нее вероятную потерю Эльзас-Лотарингии и Восточной Пруссии.

Двойственная монархия продержалась в течение десятилетий, и это удивительно. Она бы давно распалась, если бы не стойкая верность Венгерских магнатов обещанию, данному Марии Терезе, и исключительная популярность правящей династии, в значительной степени благодаря сочувствию со стороны субъектов всех национальностей, вызванному многочисленными несчастиями, постигшими дом Габсбургов. Общепризнанно, что неестественное существование этого феодального государства являло собой постоянную угрозу Европейскому миру и стало главной причиной нынешних потрясений. Раздел Австро-Венгерской территории по национальным границам удовлетворит все воюющие нации на Европейском континенте. Это произойдет обязательно. Это естественный и неизбежный процесс, как падение перезрелого яблока с дерева.

Что касается второй возможности, пока еще рано делать предсказания, и надо подождать дальнейшего развития событий, прежде чем делать заключения об исходе ситуации. Есть много признаков того, что Германия готовится атаковать Англию со всей своей стремительностью и энергией, и, возможно, ее операции на востоке и западе служат отвлекающим целям этого маневра. Напряжение между этими двумя странами огромно, причины вражды весьма специфичны и мирное разрешение этого противоречия почти невозможно.

Ґретья из упомянутых возможностей означала бы очень долгую войну. Германия не может пробиться через стальную стену во Франции и Бельгии; ее частичные победы в Польше не производят впечатления на Русские массы. Постепенно она должна перейти к обороне. Согласно финансистам и статистикам, она несет самый большой груз и должна выдохнуться первой.

Но с таким способным, трудолюбивым, изобретательным и тесно сплоченным народом делать подобные прогнозы опасно. Немцы более всех способны "вырастить две былинки там, где раньше росла одна" и именно поэтому и благодаря их совершенной военной организации остается опасность долгого конфликта. Такой перспективы вполне достаточно для самых похоронных настроений и наиболее крайних мыслей в умах предсказателей касательно того, как предотвратить этот паралич прогресса и ужасную бойню и разрушения. Можно ли это сделать?

Налицо беспощадная решимость всех непосредственных участников вести борьбу до самого конца, и основывается она на том, что преждевременный мир, оставляющий жизненные вопросы неразрешенными, означал бы лишь продолжение существующего пагубного режима и преумножение бедствий. Нужно предъявить новый и неопровержимый аргумент, чтобы остановить конфликт. Положение отчаянное, но надежда есть. Эта надежда — наука, открытия и изобретения.

Современная техника, сотворенная наукой, ответственна за эту катастрофу; наука же и уничтожит чудовище Франкенштейна, которое она сама создала. По преданиям, столетия назад хитроумное изобретение Архимеда решило сражение и закончило великую войну. Миф это или факт, эта история преподносит обнадеживающий урок. Что необходимо в данный психологический момент, так это какое-нибудь подобное открытие. Новая сила, новое вещество, демонстрация силы любым способом, старым или новым, дабы привести воюющие стороны в чувство и дать неопровержимое доказательство глупости и бессмысленности продолжения жестокой битвы.

Эта идея, которой я сам посвятил годы работы, ныне овладела учеными мужами и специалистами во всем мире. Тысячи изобретателей, воодушевленных этой уникальной возможностью, бросились изобретать некий процесс или прибор, чтобы достичь этой цели. Во Франции, России, и особенно в Ґермании началась лихорадочная активность электротехников,

химиков и инженеров. Какие плоды принесет гений наций — никто сказать не может, но что можно точно сказать, так это то, что они существенно повлияют на исход и продолжительность борьбы.

Именно поэтому столь большое значение придается смутным сообщениям о таинственных экспериментах с Цеппелинами, взрывающими лучами и магическими бомбами, ведь хотя подобные новости нельзя принять за правду, они открывают столько потрясающих возможностей. В производстве и применении новых средств ведения войны первой идет Германия, не только по причине превосходных средств и отличной подготовки ее специалистов, но и потому, что это стало жестокой необходимостью, вопросом жизни и смерти в ее нынешнем тяжелом положении.

Неопределенные и часто противоречащие друг другу сообщения о ежедневных событиях, получаемые из различных источников, сделали трудным формирование определенного мнения о действительном положении вещей, но несмотря на суровую цензуру главные факты постепенно становятся известными. И один из них — то, что Немцы были единственным народом, готовым к войне.

Даже Французы, которые так гордились подготовленностью, не смогли мобилизоваться вовремя. Вторжение в Восточную Пруссию было лишь бесстрашным ударом Русских, чтобы отвлечь врага и ослабить давление на Францию, успешным, но очень дорого им стоившим. Что же до Британцев, то они крепко спали. Против Великобритании можно говорить что угодно, но ее полнейшая неготовность и огромная опасность, которой она себя подвергла своим ультиматумом Германии — это прямое доказательство того, что она не желала вступать в конфликт.

Другой факт, столь же несомненный, — то, что Германия, неудовлетворенная частичной хотя и верной победой, решила разгромить всех членов Антанты в быстрой последовательности. То, как она диктовала условия мира сначала в Париже, потом в Петрограде, и наконец в Лондоне, воспринималось не как военная необходимость, но как хорошо обдуманная программа, основывающаяся на абсолютной уверенности в превосходящей мощи ее вооружений.

Это теперь открыто признается многими ее лидерами. Для большинства из нас такое предприятие выглядит ошеломляющим по своей смелости и размаху, и тем более по причине того, что его намеревались выполнить при помощи силы. Но было бы ошибкой обвинять Немцев в заносчивости и самонадеянности. Они уверены в своем превосходстве, и надо признать, что их попытке есть некоторое оправдание.

Часто поднимался вопрос о том, будет ли наше дальнейшее развитие в сторону художественного и прекрасного, или же научного и полезного. Неизбежный вывод состоит в том, что искусство должно быть принесено в жертву науке. Это так, и рациональные Немцы представляют собой самое близкое приближение человечества будущего. Славяне, находящиеся в стадии своего восхождения, будут лидировать, когда придет их черед, и дадут свежий импульс созидательному и духовному развитию, но они также должны будут сконцентрировать свои силы на необходимости и практичности. Конечным результатом станет мир пчел.

Германия потерпела неудачу в своей попытке. Хотя она еще не побеждена, ее кампания проиграна. Высказывалось множество мнений относительно внезапной остановки ее победоносных войск, как будто чудом, у самых ворот Парижа, но эти мнения носят в основном спекулятивный характер, и не имеют дела с физическими причинами. Осветим кратко этот вопрос.

Немецкая военная машина — это попытка поставить вместо сборища слабо связанных между собой темпераментных и проблематичных единиц компактную и бесстрастную массу, движущуюся по команде с точностью часов, как машина, спокойную, безразличную к опасности и смерти, на войне как на параде. Ее концепция имеет глубокие научные основания. Смелость и страх оказывают влияние на каждое человеческое существо, но первое преобладает.

Это очевидно, потому что жизнь сама по себе — это борьба, преисполненная опасностей и боли, которые следует встречать решительно и стойко. Страх приходит из сознания враждебности окружения и усиливается от одиночества.

Когда много людей находится близко друг к другу, дружеское окружение и чувство связанности являются полезными следствиями отдельного массового психологического эффекта, успокаивая нервы и подавляя природный страх и чувство опасности. С другой стороны, частая и суровая муштра в течение лет, помимо того, что она способствует точности и синхронности движений, имеет бесспорное гипнотическое воздействие, еще более исключая индивидуальную инициативу и сомнения. В результате получается сильное и здоровое тело, которое двигается и действует как единое целое, без человеческих ошибок и недостатков, и способно достичь максимальную производительности за счет направленного и одновременного приложения отдельных усилий.

Такова жуткая машина, которую Германия построила для защиты ее *Kultur* и завоевания всего мира — бесчувственный автомат, дьявольская выдумка для научного, безжалостного, оптового уничтожения, подобной которой не снилось раньше. Верят, что она даст наивысшую эффективность, но она в этом отношении не вводит в заблуждение никого кроме самих Немцев. В реальности эта современная военная машина, если ее рассматривать как трансформатор энергии, варварски неэкономична.

Она не только требует огромных затрат денег и усилий на холостом ходу, но еще и содержит фундаментальную ошибку, которую военные писатели игнорируют, а именно, что условия, определяющие ее производительность, а значит и эффективность, во многом, если не полностью, контролируются врагом. В самом деле, ведь именно недопонимание этой истины ответственно за Парижскую неудачу.

Первая из двух главных причин Немецкого неуспеха находится в заслуживающей восхищения оборонительной тактике Французов, которые отказались от решающего сражения, тем самым не дав Немецкой машине развить полную мощность и вынуждая ее работать с низкой эффективностью. Вторая, даже еще более важная, была результатом чрезмерной спешки Немцев, которые раскрутили свой двигатель слишком быстро, сильно увеличив потери без адекватного выхода полезной производительности. Дай они себе больше времени, что, как показало последующее развитие событий, они вполне могли себе позволить, можно было бы сберечь больше энергии, и со всей вероятностью задача была бы выполнена.

Самым удивительным из выяснившихся фактов является то, что в ходе дипломатических переговоров и проведения Немецкой кампании был допущен ряд грубых ошибок, столь очевидных сейчас, что никакие действия прессы не могут их замаскировать. Это было откровение, к которому мир был готов меньше всего, и которое ясно показало, что Немецкая эрудиция и технический профессионализм были приобретены ценой утраты интуиции, такта и здравомыслия.

Каким промахом было нарушение Бельгийского нейтралитета, сколь ошибочны ожидания того, что Англия стерпит вторжение, столь угрожающее для ее существования, что Италия пожертвует своим флотом и коммерцией во имя альянса! У Немцев чудесные пушки, делающие укрепления бесполезными, и все же нападая на Францию, вместо того, чтобы пойти по кратчайшему пути, они проделали кружной путь через Бельгию, теряя время и сверх того вызывая новые сложности и опасности. Десятки тысяч человек были отправлены на верную смерть в напрасных штурмах массовыми формированиями, когда нескольких выстрелов из их пушек было бы достаточно, чтобы сровнять укрепления с землей.

Войска были выведены из Франции в менее важные точки в тот самый момент, когда их присутствие означало бы верную победу. Немцы могли бы двинуться на Варшаву и Петроград до того, как враг был готов оказать эффективное сопротивление, но они отложили вторжение до той поры, когда Русские подняли свои миллионы. Они могли взять Дюнкерк и Кале без особого усилия, и тем избежать ужасных потерь, которые повлечет выполнение этого теперь, если это вообще осуществимо. Сейчас они опрометчиво подвергают себя риску далеко зайдя на

Русскую территорию и воюя против преобладающей численности и в сезон, когда снежные метели могут обрезать коммуникации и оставить всю армию на милость врага.

Какое объяснение можно дать этим и другим странным действиям нации, для которой экономия — это религия, которая по общему признанию является первой в достижении успеха научным путем, по путям наименьшего сопротивления? Этому может быть только одна причина, и именно она привела к падению многих империй! Это чрезмерная уверенность и высокомерное пренебрежение к противникам.

Германия начала войну со слепой верой в наступление, которому нет сопротивления. Она узнала, после ужасающих и ненужных жертв жизнью и собственностью, что Франция может быть сильной и без Наполеона, что права свободолюбивых народов, таких как Бельгийский и Сербский, нельзя попрать безнаказанно, что Россия — уже больше не тот неповоротливый и беспомощный северный зверь. Она наконец осознала то, что ей следовало знать с самого начала, что Англия — это ее самый опасный враг. Она могла бы выстоять против Континентальных армий, но с Великобританией, изолирующей ее с моря и постепенно душащей, это становится невозможным.

Победа над Союзниками на западе, если вообще достижима, до опасной степени ослабит ее; на Востоке ситуация становится все безнадежней с каждым часом. Германия теряет десять тысяч человек и тратит семьдесят пять миллионов марок в день. Ее жизненные соки быстро иссякают; в конце она должна проиграть. Единственный способ победить — это сломить Англию. Сделав это, она избавится от смертельного захвата на шее и восторжествует над всеми своими врагами.

Фатерланд охвачен сейчас этой мыслью и начал, с энергией доселе невиданной, новую кампанию, которая, будь она предпринята четыре месяца назад, могла бы завершить войну еще даже полностью не развернувшись. Германия ввязалась в эту смертельную схватку не с холодной рассудительностью военной мощи, но с пылкой решимостью нации, охваченной этим единственным страстным желанием. Ее успех зависит не только от ее генералов, но и от ее физиков, инженеров, изобретателей, химиков и мастеровых, а также от ее добровольцев, отдающих себя на мучения во имя ее дела.

Она может предпринимать рейды и ложные атаки чтобы поймать врага в ловушку, но у нее нет даже отдаленного намерения вовлечь Британский флот в открытое сражение. Что она собирается делать, так это уничтожить его самым дьявольскими способами и ухищрениями не потеряв ни одного собственного корабля. Если Англия не пробудится тотчас же навстречу этой смертельной опасности, и не подготовится, чтобы ответить на науку наукой, на умение умением, и жертвами на жертвы, то следующие несколько месяцев могут стать критическими для ее царствования как Владычицы морей. То, что принятые в Гааге правила неэффективны чтобы предотвратить использование адских устройств, уже было показано. Международные соглашения бывают двух типов, и их можно классифицировать под двумя вывесками: "Вместе мы стоим, порознь мы падаем" и "Обстоятельства меняют дело". Гаагские положения второго типа.

Тем, кто отмахивается от вышеизложенных предположений как от крайне маловероятных, если не нелепых, следует помнить о том, что великая нация, лидирующая в технических достижениях, ведет борьбу за свое существование, и что изобретательство уже предоставило способы, которыми такое истребление можно выполнить, а другие предсказаны научными исследованиями за последние годы. Вопрос, который будет интересовать всех, это какие методы и ухищрения вероятно применит Германия в ее коварном предприятии, и как ответить на ее замыслы и расстроить их?

В атаке на Англию перед Германией четыре пути: Первый, яростный натиск не обращая внимания на Британский флот; второй, сражение: с флотом в открытом бою; третий, постепенное уничтожение и ослабление флота с помощью приспособлений отличных от пушек, и четвертый, воздушные атаки на суше и на море.

История полна дерзких побед. Может быть, мы станем свидетелями самой замечательной из всех. Британские Острова уже захватывались в прошлом, но это было давно и примитивны-

ми армиями. Средства обороны стали очень совершенны, это так, но это во многом компенсируется возросшей наступательной мощью. Этот подвиг труден, но не невозможен.

Стратегия, однако, не может сыграть важной роли в его осуществлении. Это как когда Ганнибал пересекал Альпы, проблема в преодолении естественных преград. Англия имеет небольшую береговую линию, на которой можно произвести высадку, и многие места, вероятно, хорошо защищены и укреплены. Если Немцы планируют вторжение, оно будет как удар молнии. Они предпримут его при свете дня и в их излюбленной манере прорубаться сквозь препятствия невзирая на потери. Их неистовые усилия по захвату контроля над побережьем могут, скорее всего, указывать на то, что их намерение именно таково.

Многие специалисты придерживаются мнения, что пока есть превосходство Британского флота, предприятие такого рода полностью отпадает, но это ошибка. Немцы определенно могут обеспечить область действий в Ла-Манше, защищенную с боков непроходимыми минными полями и субмаринами. И более того, обладание Кале, хотя и было бы для них огромным преимуществом, не является абсолютно необходимым для их цели.

Каков бы ни был план, он будет инженерным творением, проработанным во всех деталях с Немецкой доскональностью. Вот почему нисколько нельзя доверять шатким предположениям, которые были изложены в некоторых статьях. Никаких реально осуществимых планов пока не открыто, но я думаю, что я угадываю правильно, когда говорю, что Немцы продумывают применение специально спроектированных плавучих крепостей, которые будут состоять из частей и могут перевозиться по железной дороге.

Они будут сделаны практически неуязвимыми для торпед и пушек и будут оборудованы пушками огромной дальности боя и разрушительной силы, сконструированных специально для этих целей. Под защитой этих крепостей, которые начисто сметут все с берега, будет производиться высадка десанта и артиллерии, а пехота будет доставлена по воздуху, и эта вторая часть операции будет выполнена под покровом темноты. С пушками гораздо меньшего калибра, и более или менее неподготовленным, Британцам будет трудно воспрепятствовать этой попытке.

Есть определенные основания полагать, что Немцы могут рискнуть предпринять широкомасштабное морское сражение. У них меньшее количество кораблей, но большинство из них совсем современного типа и без сомнения каждый поддерживается в отличном состоянии. Все донесения сходятся на том, что их пушки превосходят Британские, и по дальности, и по сроку службы. Немцы — мастера в производстве и обработке теплостойких материалов, и многие технические отрасли в других странах полностью зависят от их продукции. Когда мы добавим к этому преимуществу возможности, даваемые минами, торпедами, субмаринами, Цеппелинами и другими орудиями разрушения, умелый маневр и неожиданность, численное неравенство флота становится по важности вторичным.

Удивительный подвиг маленькой Немецкой субмарины, которая потопила четыре Британских крейсера и ушла невредимой, — это само по себе достаточно для вывода о том, что предстоящая дуэль между двумя странами будет решаться не только пушками и броней, как это было на море до сих пор. Хотя полный потенциал такого рода кораблей еще предстоит увидеть,

Германия склонна во всем превосходить другие нации. Большинство изобретений, откуда бы они изначально ни происходили, улучшаются Немцами. Не только это, но и их работа на результат, знание того, что удивить — значит поразить, а поразить — значит победить. Очень вероятно, что они уже разработали что-то новое в субмаринах и решили определенные проблемы с их управлением, что может позволить уничтожать корабли в охраняемых бухтах.

Это может быть сделано миниатюрными судами упрощенной конструкции, которые не представляют из себя практически ничего кроме торпеды, и имеющие экипаж из одного-двух добровольцев. Им не требуется водоизмещение больше пяти тони, так что две или три, если не больше, могут быть спущены на Цеппелине в удобном месте ночью. Такие устройства,

управляемые непоколебимыми людьми, стали бы наводить страх в море, и защититься от них было бы трудно.

В целом, Британцам будет очень трудно эффективно бороться против угрозы субмарин. Воздушное судно или аэроплан может биться с аналогичной машиной, но под водой этот способ трудноосуществим, и надо разрабатывать специальные суда. Военные корабли могут препятствовать атаке субмарин с помощью небольших снарядов со взрывчаткой очень высокого быстродействия, чтобы производить удар высокой интенсивности. Можно также применять маленькие мины, сделанные таким образом, чтобы плавать на определенной глубине и взрываться при соприкосновении. Они не причинят никакого вреда большим надводным кораблям, но могут обнаруживать присутствие субмарины и повреждать ее, чувствительное устройство которой легко расстроить.

После пушек воздушные суда типа Цеппелинов являются наиболее ценным военным активом Немцев; по крайне мере, они так думают. В их разработке надо было преодолеть много сложностей. Процесс дешевого производства чистого водорода разработан, новый сплав замечательной легкости и прочности произведен, удобные и высоко экономичные двигатели сконструированы, и еще много других технических проблем успешно решено. Хотя и без особой оригинальности, это было заметным прогрессом, какой мог быть достигнут только в Германии. Многое говорилось о Цеппелинах, и восторженное, и уничижительное, и прежде чем выразить мнение о предмете, следует отделить зерна от плевел.

Было сделано заявление, что недавно открыт новый невоспламеняющийся газ, применение которого увеличивает грузоподъемность судна в два с половиной раза. Единственным основанием в пользу этого постоянно звучащего сообщения является то, что в соответствии с периодической гипотезой элементов, построенной великим Русским Менделеевым, показавшим себя непогрешимым проводником в области химических исследований, должен существовать газ с атомным весом 04. В известном смысле, его доказано его существование в солнечной короне — отсюда название кориум, — а также в северном полярном сиянии, в каковом случае о нем говорят как о земном, или геокориуме.

Чтобы оценить, что Германия может сделать со своим воздушным флотом, должна быть сделана правильная догадка о его величине. До объявления войны у нее было тридцать шесть судов различных размеров и реальные возможности выставлять еще от восьми до десяти каждый месяц. Но под грузом войны эта скорость не могла сильно вырасти.

Машина прошла экспериментальный этап, и теперь это только вопрос воспроизводства. Ввиду ситуации не будет сюрпризом, если к настоящему времени произведено сто или еще больше. При производстве в таких количествах каждый будет обходиться не больше чем в $ 125,000, а это означает, что одну сотню можно приравнять к стоимости одного единственного дредноута.

Грузоподъемность до сих пор бралась исходя из веса пассажира, но для военных целей она может быть заметно увеличена, и в последнем типе она может достигать двадцати тонн. Такое судно могло бы перевозить 200 человек с полным снаряжением, и флот из ста таких смог бы высадить 20,000 человек за одну операцию.

Но возможности нанесения ударов с помощью взрывчатых веществ еще более впечатляющи, в особенности потому, что их можно наносить без риска. Цеппелин, оборудованный соответствующими приборами, может плыть в совершенной безопасности на огромной высоте, находить место для атаки по сигналам двух беспроводных станций в абсолютной темноте, сбрасывать много тонн пикриновой смеси, и делать это снова и снова.

Несколько специалистов выразились в пренебрежительной манере относительно разрушительного эффекта, но факт тот, что взрыва трех тонн динамита производит землетрясение, ощутимое на расстоянии тридцати миль. Если десять тонн классической взрывчатки сбросить в сердце большого города, тысячи будут убиты, и собственности будет уничтожено на сотни миллионов. Представим, что флот в 100 таких судов пройдет над Англией

ночью сбросив 100,000 бомб по двадцать фунтов. Кто сможет оценить ущерб и деморализацию, которая бы получилась в результате этого?

В начале войны сообщалось, что Немцы выдумали снаряд, ядовитые газы которого обладают огромной смертоносной силой. Вскоре после этого невероятное новое взрывчатое вещество, по сообщениям, было произведено во Франции и названо турпинит. Первый намеки дошли из казарм, и новостям был придан некоторый вес, по этой причине, а также потому, что открытие приписывалось Евгению Турпину, одаренному и плодовитому изобретателю химических веществ.

Идея применять яды в удушающих бомбах стара. Есть авторитетные свидетельства, что какие-то из них действительно бросали во время второй осады Парижа армией Версаля, но единственным результатом была смерть специалиста, который их наполнял. Существует естественное и очень глубоко укоренившееся предубеждение против применения отравляющих веществ в войне, и многие из тех, кто допускает сегодняшние средства уничтожения жизни, отшатнулись бы от этого. Хотя известно, что смерть от многих токсинов менее болезненна и безобразна.

За отсутствием доказанных фактов я попытаюсь в нескольких словах показать, как эффективность подобных средств может быть многократно увеличена. Сначала представим большой снаряд, который ударяясь о землю выпускает на свободу довитый газ атмосферной плотности, распространяющийся по полусфере, и пусть эффективный радиус будет 1,000 футов. Теперь представим, что эквивалентный заряд разделяется на миллион частей, и получается столько же маленьких снарядов, которые могут быть рассеяны по большой территории. Тогда, поскольку объем газа будет тот же, что и раньше, радиус действия каждого снаряда будет десять футов, и их суммарный разрушительный эффект будет в сто раз больше, чем у большого снаряда; на самом деле, еще гораздо больше, потому что распределение газа не будет однородным. Как видим, секрет лежит в использовании очень малых зарядов в огромных количествах.

То же обоснование приводит к заключению, что использование маленьких вольфрамовых дротиков, окунутых в кураре или аналогичный яд, парализующий сердце или двигательную функцию, как боевое средство было бы более гуманным, чем нынешние, и несравненно более эффективным. Полнейший переворот в средствах нападения может дать использование токсинов или удушающих газов тяжелее воздуха. Это можно проиллюстрировать примером.

Давайте предположим, что десять тонн такого сжиженного газа сбрасывается на поле сражения с воздушного корабля. При испарении образуется покрывало газа у земной поверхности, и пусть эффективная его высота будет десять футов. Если десять кубических футов газа весят один фунт, тогда десять тонн даст 200,000 кубических футов газа, который может быть более или менее разбавленным в зависимости от его токсической активности. Допустим, что он не более ядовит, чем моноокись углерода [угарный газ], смертельный при концентрации в атмосфере в половину процента. Это означает, что газовый покров составит 40,000,000 кубических футов, и при десяти футах в высоту покроет 4,000,000 квадратных фута, или грубо, 100 акров. В населенном городе, с учетом строений и прочих объектов, смертельная зона расширилась бы очень сильно.

Это достаточно опасно, но если используется газ, смертоносная сила которого равна силе синильной кислоты, аконита или самого сильного из известных ядов, псевдоаконита, область поражения будет в сто раз больше. Очевидно, что есть возможность, что химики, в большой степени несущие ответственность за эту войну, могут также найти способы заставить ее быстро закончиться.

Телавтоматика — название, предложенное для беспроводного управления органами и передаче движений самодвижущихся автоматов. Пятнадцать лет назад я показал ее первые применения и результаты вызывали такой интерес, какой приносили немногие из изобретений. Мои демонстрации повторялись в Германии и других странах, но по причине того, что использовались волны Герца и несовершенно настроенные цепи, создалось общее впечатление,

что такое дистанционное управление устройствами не было полностью надежным.

Приводился еще один аргумент, что даже если бы оно было безупречным, всегда найдутся бы добровольцы, готовые собой пожертвовать, и это будет надежнее благодаря интеллекту и здравому смыслу, которые неспособна проявлять неодушевленная машина. Этого взгляда придерживаются те, кто сейчас защищает применение пилотируемых человеком воздушных торпед, но нет ничего более ошибочного. Беспилотное судно, управляемое соответствующим беспроводным аппаратом, в любой войне во всех отношениях лучше как средство атаки.

Большие пушки, производимые сейчас в Германии, столь дороги и так недолговечны, что один единственный выстрел из них стоит целое состояние. Можно было бы по цене меньшей, чем цена выстрела, произвести телавтоматическую воздушную торпеду гораздо большей дальности и большей разрушительной силы, которая сможет поражать свою цель каждый раз, и обойтись совсем без пушек.

Новый принцип можно также применить и к субмаринам, и, в особенности при управлении с большой высоты, это даст самый совершенный способ береговой обороны из доселе изобретенных. Но полные его возможности можно будет оценить только когда будет принято использование определенных электрических волн, на которые имеет резонансную чувствительность Земля. Тогда станет возможным отправлять беспилотную лодку или воздушный корабль на расстояния в сотни миль, вести их по любой карте и высвобождать их потенциальную энергию в любой желаемой точке.

Великое множество сегодняшних средств и методов станут тогда ненужными. Очень может быть, что если нынешняя война продлится дольше, значимость этого изобретения будет доказана. Как стало известно из недавних сообщений, в Германии ведутся эксперименты с телавтоматическими торпедами, выпускаемыми с воздушных кораблей.

От этого разрушительного бедствия будет один хороший результат и на долго: мир. Это естественное следствие закона о том, что действие равно противодействию. Но на современной фазе человеческого развития случающиеся время от времени потрясения в порядке вещей. Еще больший конфликт вероятно произойдет между объединенными народами Востока и Запада.

Пока существуют разные национальности, будет патриотизм. Прежде чем можно будет установить постоянный мир, это чувство придется искоренить из наших сердец. Его место должно заполнить любовь к природным и научным идеалам. Наука и открытия — великие силы, которые приведут к этому.

Я только что узнал об открытии, которое покажет электротехникам, как получать величайшие электрические воздействия и электродвижущие силы. С их помощью можно достичь многих чудесных результатов. Человеческий голос и портреты будут передаваться по всему земному шару без проводов, энергия будет передаваться через пространство, просторы океана станут безопасны для мореходства, разовьется транспорт, дождь можно будет вызывать когда захочется, и, быть может, будут открыты неисчерпаемые запасы атомной энергии.

Подобный прогресс, когда он наступит, уничтожит физические предпосылки войны, главная из которых — огромные размеры этой планеты. Постепенное сокращение расстояний сделает людей ближе друг к другу и гармонизирует их взгляды и устремления. Покорение сил природы уничтожит страдания и нищету и предоставит обильные средства для безопасного существования.

Но есть еще одно достижение, которого будет не хватать для полного триумфа человеческого ума. Надо найти способ читать [интерпретировать] мысли, чтобы тем самым привести все виды человеческих усилий к общему эквиваленту. И эта задача разрешима.

Последствия такого достижения неисчислимы. Оно ознаменует начало новой эпохи в человеческой истории и произведет колоссальную революцию в моральной, общественной и других сторонах жизни, исчезнут бесчисленные причины несчастий, наши жизни основательно переменятся к лучшему, и будет заложен новый прочный фундамент всему тому, что составляет мирное существование.

5

КАК КОСМИЧЕСКИЕ СИЛЫ ФОРМИРУЮТ НАШИ СУДЬБЫ*

Каждое живое существо — это механизм, Хотя как кажется, влияет на него лишь непосредственное окружение, сфера внешнего воздействия простирается на бесконечное расстояние. Нет такого созвездия, туманности, солнца или планеты во всех глубинах безграничного пространства, нет такой блуждающей звезды в небесах, которая бы не оказывала некоторого влияния на его судьбу — не в туманном и мнимом смысле астрологии, а в строгом и позитивном смысле физической науки.

Можно сказать больше. Нет такого существа, наделенного жизнью, — от человека, покоряющего стихии, до самого ничтожного создания, — во всем этом мире, которое бы само в свою очередь на него не влияло. Какое бы действие не рождалось силой, даже если оно бесконечно мало, космическое равновесие нарушается и возникает вселенское движение.

Герберт Спенсер интерпретировал жизнь как непрерывное приспособление к окружающей среде, давая определение этого непостижимо сложного явления, полностью согласующееся с передовой научной мыслью, но, возможно, недостаточно широкое, чтобы выразить наши современные взгляды. С каждым шагом вперед в исследованиях ее законов и загадок наши представления о природе и ее аспектах развиваются вглубь и вширь.

На ранних стадиях интеллектуального развития человек осознавал лишь маленькую часть макрокосма. Он ничего не знал о чудесах микроскопического мира, о молекулах, его составляющих, об атомах, из которых состоят эти молекулы, и об исчезающе малом мире электронов внутри атомов. Для него жизнь была синонимом произвольного движения и действия. Растение не означало для него то же, что оно означает для нас — что оно живет и чувствует, борется за свое существование, что оно страдает и радуется. Мы не только открыли истинность этого, мы также удостоверились в том, что даже материя называемая неорганической, которая считается мертвой, отвечает на раздражители и дает безошибочное доказательство присутствия внутри нее жизненного принципа.

Таким образом все существующее, органическое и неорганическое, движущееся и неподвижное, восприимчиво к воздействию извне. Нет никакого промежутка, никакого разрыва непрерывности, никакого отличительного жизненного фактора. Один и тот же закон управляет всей материей, вся вселенная живая. Основополагающий вопрос Спенсера "Что есть то, что вызывает переход неорганической материи в органические формы?" разрешен. Это солнечное тепло и свет. Везде, где есть они, есть жизнь. Только в безграничных безднах межзвездного пространства, в вечной темноте и холоде замирает движение, и еще, возможно, вся материя может умирать при температуре абсолютного нуля.

ЧЕЛОВЕК КАК МАШИНА

Эта реалистичная концепция чувствующей вселенной, которая скручивается и раскручивается как часовой механизм с неизбежностью гипермеханического жизненного

* New York American, Febr. 7, 1915 ("Did the War cause the Italian Earthquake").

принципа, не должна противоречить нашим религиозным и эстетическим чувствам — этим неопределимым и прекрасным порывам, через которые человеческий разум стремится освободить себя от материальных оков. Напротив, лучшее понимание природы, сознание того, что наши знания истинны, могут только еще более возвышать и вдохновлять.

Декарт, великий Французский философ, в семнадцатом столетии заложил первые основы механистической теории жизни, чему немало содействовало эпохальное открытие Харви циркуляции крови. Он полагал, что животные — просто автоматы, не наделенные сознанием, и считал, что человек, хотя он и наделен высшими и особыми качествами, неспособен действовать иначе, чем как машина. Он также сделал первую попытку объяснить физический механизм памяти. Но в то время многие функции человеческого организма еще не были поняты, и в этом отношении многие из его предположений ошибочны.

С тех пор пройден огромный путь в анатомии, психологии и всех областях науки, и работа человека-машины теперь полностью понятна. Хотя очень немногие из нас способны проследить свои действия к первичным внешним причинам. Для последующих доводов, которые я приведу, необходимо держать в уме основные факты, которые я сам установил за годы внимательных наблюдений и рассуждений, которые можно просуммировать так:

1. Человеческое существо — это самодвижущийся автомат, находящийся полностью под влиянием внешних воздействий. Хотя и кажущиеся преднамеренными и предопределенными, его действия управляются не изнутри, а извне. Он как плот, брошенный в волны беспокойного моря.

2. Нет никакой памяти или дара воспоминания основанного на устойчивых впечатлениях. То, что мы называем памятью, — это лишь увеличенная реакция на повторяющиеся стимулы.

3. Декарт считал, что мозг — это аккумулятор. Это не так. В мозгу нет никаких перманентных записей, в нем нет хранимых знаний. Знание — это нечто сродни эхо, которому нужно нарушение тишины, чтобы оно появилось.

4. Все знание или понимание формы вызывается через посредство глаза, или в ответ на раздражения, непосредственно воспринимаемые сетчаткой, или на их слабые вторичные эффекты и реверберации. Другие органы чувств могут лишь вызывать ощущения, которые не имеют реального существования, и о которых нельзя сформировать представление.

5. Вопреки самой важной доктрине картезианской философии о том, что ощущения ума иллюзорны, глаз передает ему истинное и точное изображение внешних вещей. Это так, потому что свет распространяется по прямым линиям и изображение, отбрасываемое на сетчатку, в точности воспроизводит внешние формы и благодаря механизму оптического нерва не искажается при передаче в мозг. И более того, этот процесс обратим, то есть, форма, вызванная сознательно, может с помощью обратного действия воспроизвести первоначальное изображение на сетчатке, так же как эхо может воспроизводить исходный звук. Если эту точку зрения доказать экспериментом, последует величайшая революция во всех человеческих взаимоотношениях и областях деятельности.

НА НАС ВЛИЯЮТ ПРИРОДНЫЕ СИЛЫ

Приняв, что все это истинно, мы приходим к рассмотрению некоторых сил и влияний, которые воздействуют на этот чудесный сложный автоматический механизм с органами невообразимо чувствительными и изящными, когда его несет вращающийся планетарный шар в его полете через пространство. Ради простоты мы можем предположить, что земная ось перпендикулярна эклиптике, и что человеческий автомат находится на экваторе. Пусть он весит сто шестьдесят фунтов, тогда, при вращательной скорости около 1,520 футов в секунду, с которой он крутится, механическая энергия, запасенная в его теле, составляет примерно 5,780,000 фунтов на фут, что порядка энергии стофунтового пушечного ядра.

Этот импульс постоянен, также как и действующая вверх центробежная сила, составляющая около пятидесяти пяти сотых фунта, и оба фактора вероятно не оказывают

заметного влияния на его жизненные функции. Солнце, имеющее массу в 332,000 раз большую земной, но находящееся в 23,000 раз дальше, будет притягивать автомат с силой примерно в одну десятую фунта, попеременно увеличивая и уменьшая его нормальный вес на эту величину.

Хотя он и не осознает эти периодические изменения, они на него обязательно влияют. Земля в своем вращении вокруг солнца несет его с чудовищной скоростью в девятнадцать миль в секунду, и механическая энергия, сообщенная ему, составляет более 25,160,000,000 фунтов на фут. Самая большая пушка, когда либо изготавливающаяся в Германии, выстреливает снаряд весом в одну тонну со скоростью на срезе ствола в 3,700 футов в секунду, и энергией в 429,000,000 фунтов на фут. Отсюда импульс тела автомата примерно в шестьдесят раз больше. Его хватило бы на то, чтобы развить мощность в **762,400** лошадиных сил на одну минуту, и если бы движение было мгновенно остановлено, тело мгновенно взорвалось с силой, достаточной для того, чтобы отправить снаряд весом более шестидесяти тонн на расстояние в двадцать восемь миль.

Эта огромная энергия, однако, не является постоянной, а меняется с изменением положения автомата относительно солнца. Окружность большого круга земли имеет скорость 1,520 футов в секунду, которая либо добавляется, либо вычитается из поступательной скорости в пространстве, составляющей девятнадцать миль. В силу этого энергия будет меняться от двенадцати часов до двенадцати на величину приблизительно в 1,533,000,000 фунтов на фут, что означает, что энергия течет неким неизвестным путем в и из тела автомата со скоростью примерно в шестьдесят четыре лошадиных силы.

Но это еще не все. Вся солнечная система летит в сторону созвездия Геркулеса со скоростью, которую некоторые оценивают в двадцать миль в секунду, и благодаря этому должны быть аналогичные годовые изменения в потоке энергии, которые могут достигать потрясающей цифры в более чем сто миллиард фунтов на фут. Все эти изменяющиеся и чисто механические эффекты усложняются из-за наклона орбитальных плоскостей и многих других постоянных и нерегулярных воздействий масс.

Автомат, при этом, подвергается и другим силам и влияниям. Его тело имеет электрический потенциал в два миллиарда вольт, который очень сильно и постоянно меняется. Вся Земля подвержена электрическим вибрациям, в которых участвует и он. Атмосфера действует на него своим давлением от шестнадцати до двадцати тонн, в зависимости от барометрических условий. Он получает энергию от солнечных лучей в разные интервалы времени со средней скоростью примерно в сорок фунтов на фут в секунду, и подвергается периодической бомбардировке солнечных частиц, которые проходят сквозь его тело, как если бы это был лист бумаги. Воздух наполнен звуками, бьющими по его барабанным перепонкам, и его трясут беспрерывные толчки земной коры. Он подвергается огромным перепадам температуры, дождю и ветру.

Что удивительно, так это то, что в таком ужасном хаосе, в котором казалось бы трудно было бы существовать и железной болванке, этот деликатный человеческий механизм исключительным образом функционирует? Если бы все автоматы были во всех отношениях подобны, они бы реагировали в точности одинаково, но это не так. Есть согласованность в откликах только на те возмущения, которые повторяются наиболее часто, но не на все. Достаточно легко сделать две электрические системы, которые будучи подвергнуты одинаковому воздействию, будут вести себя противоположными способами.

Так же и два человеческих существа, и что верно для индивидуальных существ, остается правильным и для их больших скоплений. Мы все периодически спим. Это не является обязательной физиологической потребностью более, чем периоды остановки для двигателя. Это просто условия, диктуемые каждодневным вращением земного шара, и это одно из многих доказательств правильности механистической теории. Мы замечаем ритм, или прилив и отлив, в чувствах и мнениях, в финансовых и политических движениях, в каждой области нашей разумной деятельности.

Это показывает только то, что во всю эту физическую систему масс вовлечена инерция, что дает еще одно поразительное доказательство. Если мы примем теорию как фундаментальную истину, и более того, расширим пределы наших восприятий чувств внешних воздействий за пределы тех, которые мы осознаем, тогда все состояния в человеческой жизни, даже необычные, можно правдоподобно объяснить. В качестве иллюстрации можно привести несколько примеров.

Глаз реагирует только на световые вибрации в некоем довольно узком диапазоне; но границы его не определенны четко. На него действуют вибрации за их пределами, только в меньшей степени. Человек таким образом может почувствовать присутствие другого в темноте, или через промежуточные преграды, и люди, находящиеся в плену иллюзий, называют это телепатией. Эта передача мыслей абсурдна и невозможна.

Внимательный исследователь без труда заметит, что эти явления обусловлены наличием неких намеков или же совпадениями. То же можно сказать и об оральных ощущениях, к которым особенно восприимчивы музыкальные и умеющие хорошо подражать люди. Человек с подобными качествами часто реагирует на механические толчки или колебания, которые неслышимы.

По данному поводу можно еще упомянуть танцы, которые состоят из определенных гармоничных мускульных сокращений и изгибов тела в ответ на ритм. Теперь можно дать удовлетворительное объяснение тому, как они входят в моду, предположив, что существуют некие новые возмущения окружающей среды, передающиеся по воздуху или по земле, механической, электрической или иной природы.

Точно так же обстоит дело с войнами, революциями и аналогичными исключительными состояниями общества. Хотя так и может показаться, но война никогда не вызывается произвольными действиями человека. Это в большей или меньшей степени прямой результат космических возмущений, в которых главным образом задействовано солнце.

Во многих международных конфликтах в исторических хрониках, сопровождавшихся голодом, мором или стихийными бедствиями, прямая зависимость от солнца несомненна. Но в большинстве случаев лежащие в их основе первичные причины множественны и отследить их трудно.

В нынешней войне было бы особенно сложно показать, что причиной не были волевые действия нескольких личностей. Это так. Механистическая теория, основанная на истине, демонстрируемой каждодневным опытом, абсолютно исключает возможность того, что подобное состояние может быть чем-либо иным, нежели неизбежным следствием космического возмущения.

Вопрос, который встает естественным образом, состоит в том, есть ли какая-нибудь внутренняя связь между войнами и природными катаклизмами. Последние оказывают бесспорное влияние на темперамент и поведение, и могли бы иногда способствовать ускорению конфликта, но помимо этого, как кажется, взаимной зависимости нет, хотя и то и другое может быть вызвано одной и той же первичной причиной.

Что можно утверждать с совершенной уверенностью, это что Земля может подвергаться сотрясениям под действием механических эффектов вроде тех, что вызывают современные средства ведения войны. Это утверждение может показаться обескураживающим, но допускает простое объяснение.

Землетрясения принципиально вызываются двумя причинами — глубинными взрывами и структурными смещениями. Первые называются вулканическими, задействуют огромную энергию, и начать их трудно. Последние называются тектоническими; их энергия сравнительно невелика, и они могут вызываться самыми слабыми ударами или сотрясениями. Частые оползни в Кулебре — это смещения подобного рода.

ВОЙНА И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ

Теоретически можно говорить о том, что некто может задумать тектоническое землетрясение, и оно может в результате умысла произойти, потому что непосредственно перед смещением массы могут находиться в очень шатком равновесии. Есть распространенная ошибка относительно энергии таких сдвигов. В случае, о котором недавно сообщали как совершенно исключительном, который охватил огромную территорию, энергия оценивается в 65,000,000,000,000 тонн на фут. Далее, даже полагая, что вся работа была произведена за одну минуту, это будет эквивалентно всего лишь 7,500,000 лошадиных сил в течение одного года, что кажется большим, но для природного катаклизма немного. Энергия солнечных лучей, падающих на эту же территорию, в тысячу раз больше.

Взрывы мин, торпед, выстрелы мортир и пушек вызывают реактивные силы грунта, которые измеряются в сотни и даже тысячи тонн и ощущаются по всему земному шару. Их воздействие, однако, может быть чрезвычайно усиливаться резонансом. Земля — это шар с упругостью немного больше, чем у стали, и колеблется раз в примерно один час и сорок пять минут.

Если, что вполне возможно, сотрясения произойдут в нужное время, их совместное воздействие может вызвать тектонические сдвиги в любой части Земли, так что Итальянская катастрофа могла быть и результатом взрывов во Франции. То, что человек может вызвать подобные сотрясения суши, не оставляет никаких сомнений, и возможно, недалеко уже то время, когда это будет делаться, во благо или во зло.

6

НОВЫЙ ВОЛШЕБНЫЙ МИР, КОТОРЫЙ СОЗДАСТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО*

Всякому, кто пожелает получить истинное представление о величии нашей эпохи, следует изучить историю развития электричества. В ней он найдет повествование более волшебное, чем сказка из Тысячи и Одной Ночи. Задолго до рождества Христова Фалес, Теофраст и Плиний говорили о магических свойствах электрона — драгоценного материала, который мы называем янтарем, — который произошел из чистых слез Гелиад, сестер Фаэтона, несчастного юноши, который пытался управлять светоносной колесницей Феба и чуть не сжег Землю. Лишь естественным можно счесть то, Греки с их живым воображением приписывали его таинственные свойства сверхфизической причине, наделяя янтарь жизнью и душой.

Действительно ли в это верили, или это лишь поэтическая аллегория, — остается вопросом. Даже в сегодняшние дни большинство из самых просвещенных людей считают, что жемчуг живой; что он становится более ярким и красивым в теплом контакте с человеческим телом. Также есть мнение людей науки, что кристалл — живое существо, и эта точка зрения распространилась на весь физический мир, когда Проф. Жадэ Шандэр Бозе показал в серии замечательных экспериментов, что неоживленная материя отвечает на стимулы точно таким же образом, как и животная ткань.

Суеверия древних, если они и были на самом деле, нельзя считать верным доказательством их невежественности, но о том, сколько они знали об электричестве, можно лишь гадать. Любопытный факт, что они использовали электрического ската для электротелеграфии. На некоторых старинных монетах изображены двойные звезды, или искры, которые могли бы получаться от гальванической батареи. Записи, хотя и скудные, таковы, что наполняют уверенностью в том, что немногие посвященные, по крайней мере, имели о явлении янтаря более глубокие познания. Упомянуть хотя бы одного, Моисея, который был несомненно настоящим и умелым электротехником, намного опережавшим свое время. Библия точно и подробно описывает устройство, представляющее собой машину, в которой электричество генерировалось путем трения воздуха о шелковые занавеси и сохранялось в ящике, сконструированном как конденсатор. Вполне правдоподобно допустить, что сыновья Аарона были убиты высоковольтным разрядом, и что огни Римских весталок были электрическими. Ременный привод был известен инженерам той эпохи, и трудно представить, как обильное появление статического электричества могло избежать их внимания. При благоприятных атмосферных условиях ремень может стать динамическим генератором, могущим произвести много поражающих действий. Я зажигал лампы накаливания, приводил в движение моторы и выполнял множество других столь же интересных экспериментов с электричеством, получаемым от ремней и запасаемого в оловянных банках.

Столь много фактов, как можно уверенно заключить, были известны философам древности о неуловимой силе. Удивительно, почему прошло 2000 лет пока Гильберт в 1600 опубликовал свою знаменитую работу, первый научный трактат по электричеству и магнетизму. В каком то смысле такой длинный период бездеятельности объясним. Образование было уделом немногих,

* Manufacturer's Record, Sept. 9, 1915.

и вся информация ревностно охранялась. Связь была медленной и трудной, и взаимопонимание между разобщенными исследователями было тяжело достижимым. Опять же, люди того времени не думали о практике; они жили и боролись за абстрактные принципы, убеждения, традиции и идеалы. Человечество не сильно поменялось к временам Гильберта, но его ясное учение оказало сильное влияние на умы просвещенных. Быстрой чередой стали производиться фрикционные машины и умножаться эксперименты и наблюдения. Постепенно страх и предрассудки уступили дорогу научному пониманию, и в 1745 мир взволновало известие о том, что Клейст и Лейден преуспели в поимке сверхъестественного агента в склянку, из которой тот ускользнул со зловещим треском и разрушительной силой. Это было рождение конденсатора, возможно самого изумительного устройства, когда-либо изобретенного.

В последующие 40 лет были совершены два гигантских скачка. Один произошел, когда Франклин продемонстрировал идентичность природы колдовской души янтаря и наводящего страх жезла Юпитера; другой — когда Гальвани и Вольта открыли контактную и химическую батарею, из которой магический флюид можно было получать в неограниченных количествах. Следующие 40 лет принесли еще больше плодов. Эрстед достиг значительного успеха, отклоняя магнитную иглу электрическим током, Араго сделал электромагнит, Сибек — термоэлемент, и в 1831, как венец всего этого, Фарадей объявил, что получил электричество из магнита, тем самым открыв принцип волшебного двигателя, динамо, и ознаменовав новую эру и в научном исследовании и в практических применениях.

С той поры изобретения неоценимого значения последовали одно за другим с ошеломляющей скоростью. Телеграф, телефон, фонограф и лампа накаливания, индукционный мотор, осцилляторный трансформатор, Рентгеновские лучи, радий, беспроводная связь и множество других революционных открытий было сделано, и глубоко поменялись все условия нашего существования. За 84 года, прошедшие с тех пор, как хрупкие энергии, живущие внутри одушевленного янтаря и магнетита, превратились в Циклопические силы, вращающие колеса человеческого прогресса с нарастающей скоростью. Вот кратко волшебная сказка об электричестве от Фалеса до наших дней. Случилось невозможное, превосходя самые сумасшедшие мечты, и изумленный мир вопрошает. Что будет дальше?

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ, СКРЫТЫЕ В УГЛЕ И ЖЕЛЕЗЕ

Многие "вот-если-бы" исследователи, терпя неудачу в своих попытках, чувствовали досаду от того, что родились в то время, когда все уже создано и не осталось ничего, что нужно сделать. Это ложное ощущение, что по мере нашего развития возможности изобретения исчерпываются, не так уж редко встречается. На самом деле все как раз наоборот. Спенсер высказывал правильную мысль, когда сравнивал цивилизацию с кругом света, отбрасываемом лампой в темноте. Чем ярче лампа и чем больше круг, тем более огромна его темная граница. Это парадоксально, если вообще верно, говорить, что чем больше мы знаем, тем более невежественными мы становимся в абсолютном смысле, потому что только благодаря просвещенности начинаем мы осознавать нашу ограниченность. Именно одним из самых благодарных результатов развития мысли является постоянное открытие новых и еще более огромных перспектив. Мы прогрессируем с поразительной скоростью, но истина состоит в том, что, даже в наиболее успешно изученных областях, еще только поднят якорь. Все, что сделано до сих пор в электричестве, — ничто в сравнении с тем, что таит в себе будущее. И не только это, бесчисленное количество вещей делается по старинке, что в экономии, удобстве и многих других отношениях сильно уступает новому методу. Преимущества последнего столь огромны, что при всякой возникающей возможности инженер советует клиенту "сделать это электрически".

Рассмотрим в качестве иллюстрации одну из величайших промышленностей, угольную. Из этого ценного ископаемого мы извлекаем запасенную солнечную энергию, требующуюся нам,

чтобы удовлетворять наши индустриальные и коммерческие нужды. Согласно статистическим данным, добыча Соединенных Штатов в течение прошедших лет была 480,000,000 тонн. В совершенных двигателях этого топлива хватило бы на производство 500,000,000 лошадиных сил в течение одного года, но наша расточительность столь безрассудна, что мы в среднем не получаем и 5 процентов его теплотворной способности. Потрясающие потери идут в добыче, обогащении, транспортировке, хранении и использовании угля, и их можно очень существенно уменьшить применив во всех этих операциях всесторонне проработанный электрический проект. Рыночная стоимость годового продукта легко могла бы быть удвоена, и доходы страны выросли бы на огромную сумму. И более того, худшие сорта, миллиарды тонн которых выбрасываются, могли бы с выгодой использоваться.

Те же соображения применимы и к природному газу и ископаемой нефти, годовые потери которых измеряются сотнями миллионов долларов. В самом ближайшем будущем подобная расточительность будет рассматриваться как преступление, и владельцев этой собственности будут принуждать к внедрению новых методов. Следовательно, здесь есть необъятный простор для применения электричества на многие годы вперед, в крупных индустриях, которые обязаны революционизироваться путем его всестороннего применения.

В качестве другого примера я могу упомянуть производство железа и стали, которое ведется в этой стране в масштабах поистине колоссальных. В течение последних лет несмотря на неблагоприятные для бизнеса условия, было произведено 31,000,000 тонн стали. Если мы остановимся на возможностях электрических усовершенствований в самих производственных процессах, это может завести слишком далеко, и я лишь отмечу, что вероятно будет сделано в использовании отбросных газов от коксовых и доменных печей для генерации электричества в промышленных целях.

Поскольку в производстве чугуна на каждую тонну тратится около тонны кокса, годовое потребление кокса можно принят в 31,000,000 тонн. Сжигание его в доменных печах дает, в минуту, 7,000,000 кубических футов газа с теплотворной способностью в 110 Больших Тепловых единиц на кубический фут. И в общем итоге, без принятия специальных мер, 4,000,000 кубических футов может пойти на производство энергии. Если вся тепловая энергия этого газа могла бы быть преобразована в механическое усилие, оно разовьет 10,389,000 лошадиных сил. Такой результат невозможен, но совершенно реально получить 2,500,000 лошадиных силы в виде электрической энергии с клемм динамо машин.

При производстве кокса тонна угля выделяет приблизительно 9400 кубических футов газа. Этот газ замечательно подходит для энергетических целей, имея теплотворную способность в 600 Больших Тепловых единиц, но лишь очень малая его часть сегодня используется в двигателях, главным образом из-за их высокой стоимости и прочих недостатков. На тонну кокса требуется около 1.32 тонны Американского угля; следовательно, совокупное годовое потребление кокса на основе вышеизложенного составляет примерно 41,000,000 тонн, что дает, в минуту, 733,000 кубических футов газа. Полагая, что полезный выход или богатый газ составит 333,000 кубических фута, получаем что в итоге 400,000 кубических фута можно использовать в газовых двигателях. Теплового содержания было бы при этом, теоретически, достаточно для получения 5,660,000 лошадиных сил, из которых 1,500,000 лошадиных сил можно было бы получать в виде электрической энергии.

Много размышлений я посвятил этой промышленной задаче, и обнаружил, что с *новыми, эффективными, чрезвычайно дешевыми и простыми термодинамическими трансформаторами не меньше, чем 4,000,000 лошадиных сил можно было бы получать в электрических генераторах, используя тепло этих газов, которые если и не теряются полностью, используются лишь частично и неэффективно.*

При систематических улучшениях и усовершенствованиях можно достичь гораздо лучших результатов, извлекая ежегодно доходы в $ 50,000,000 или больше. Электрическая энергия могла бы успешно применяться для связывания атмосферного азота и производства удобрений, на которые есть неограниченный спрос, и производство которых

пока что ограничивается высокой стоимостью энергии. Я уверенно прогнозирую практическую реализацию этого проекта в самом ближайшем будущем, ожидаю исключительно быстрого электрического развития в данном направлении.

РАЗВИТИЕ ГИДРО-ЭЛЕКТРИКИ

Энергия воды предоставляет огромные возможности для новейших применений электричества, особенно в области электрохимии. Покорение водопадов — это самый экономичный из известных методов получения энергии от солнца. Это обуславливается тем фактом, что и вода и электричество несжимаемы. Чистая эффективность гидро-электрического процесса может достигать 85 процентов. Начальные затраты в целом огромны, но стоимость содержания мала, а удобство идеально. Неизменно применяется моя переменная система, и к нынешнему моменту было произведено 7,000,000 лошадиных сил. Обычно мы получаем не больше, чем шесть сотых лошадиной силы на тонну угля в год. *Таким образом, эта водная энергия эквивалентна получаемой из годовой добычи в 120,000,000 тонн угля, что около 25 процентов совокупной добычи Соединенных Штатов.* Это консервативная оценка, а с учетом огромной растраты угля 50 процентов может быть ближе к истине.

Мы сможем лучше оценить огромную ценность этой энергии в нашем экономическом развитии, если вспомним, что в отличие от топлива, которое требует ужасных жертв человеческой энергии и потребляется, она подается без усилий и уничтожения материалов и равняется механической производительности 150,000,000 человек — в полтора раза больше, чем население этой страны. Эти цифры производят сильное впечатление; тем не менее, мы только начали разработку этого громадного национального природного богатства.

В настоящее время существует два ограничения — одно в доступности энергии, другое в передаче ее на расстояние. Теоретически энергия падающей воды огромна. Если мы предположим, что дождевые облака находятся на высоте 15,000 футов, и что годовые осадки составляют 33 дюйма, 24 лошадиных силы, на квадратную милю больше 4000, а на всю территорию Соединенных Штатов — более 12,000,000,000 лошадиных сил. На самом деле, бóльшая часть потенциальной энергии затрачивается на трение о воздух. Хоть это и разочарует экономистов, но является счастливым обстоятельством, потому что в противном случае капли достигали бы поверхности со скоростью 800 футов в секунду — вполне достаточно, чтобы на наших телах вздулись волдыри, а уж град был бы решительно смертелен. Бóльшая часть воды, доступной в энергетических целях, падает с высоты около 2,000 футов, и представляет более полутора миллиардов лошадиных сил, но мы можем использовать в среднем падение со, скажем, 100 футов, что означает, что если будет употреблена вся водная энергия этой страны при существующих условиях, то будет получено только 80,000,000 лошадиных сил.

СЛЕДУЮЩЕЕ ВЕЛИКОЕ ДОСТИЖЕНИЕ — ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ АТМОСФЕРНОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ

Но очень близко то время, когда мы сможем полностью управлять выпадениями атмосферной влаги, и тогда станет возможно извлекать неограниченные количества воды из океанов, получая любое желаемое количество энергии, и полностью изменить земной шар за счет ирригации и интенсивного земледелия. Более великое достижение человека через посредство электричества трудно представить.

Сегодняшние ограничения в транспортировке энергии на расстояние будут преодолены двумя путями — через применение подземных проводников, изолированных энергией, и через внедрение беспроводной технологии. Первый проект я разработал много лет назад. Основополагающий принцип состоит в передаче через трубчатый проводник водорода при очень низкой температуре, заморозке окружающих материалов и обеспечения тем самым совершенной изоляции путем косвенного применения электрической энергии. Этим способом энергия, получаемая от водопадов, может передаваться на расстояния в сотни миль с

высочайшей экономией и очень дешево. Это нововведение обязательно сильнейшим образом расширит применения электричества. Что касается беспроводного способа, у нас сейчас есть метод экономичной передачи энергии в любых необходимых количествах и на расстояния, ограниченные лишь размерами этой планеты. В виду заявлений некоторых введенных в заблуждение специалистов об эффекте того, что в построенной мной беспроводной системе энергия передатчика диссипирует во всех направлениях, я хочу быть настойчивым в своем утверждении о том, что это не так. Энергия идет только в то место, где она нужна, и никуда больше.

Когда передовые идеи будут практически реализованы, мы сможем полностью воспользоваться всеми преимуществами водной энергии, и снабжение электричеством для домашнего, общественного и прочего использования в мирных и военных целях будет опираться главным образом на нее.

ЭКОНОМИЯ СВЕТА И ЭНЕРГИИ — ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТЯГА

В огромных областях электрического света и энергии необъятные возможности предоставляет введение всех видов новейших устройств, которые могут подключаться к сетям в удобные часы для выравнивания нагрузок и увеличения прибылей от станций. Я сам знаю множество новых приспособлений этого рода. Самое важное из них вероятно электрическая машина по производству льда, которая полностью избавляет от использования опасных и во всех остальных отношениях нежелательных химикалиев. Новая машина также не будет требовать к себе абсолютно никакого внимания и будет чрезвычайно экономична в работе, так что охлаждение будет производиться очень дешево и удобно в каждом доме.

Сделан интересный фонтан, работающий от электричества, который вероятно будет вводиться широко и являть собой необычное и приятное зрелище на площадях, в парках, отелях и домах.

Делаются кухонные приборы для всех домашних нужд, и в этой области существует огромный спрос на практические проекты и предложения. То же можно сказать и об электрических знаках и других привлекательных средствах рекламы, которые могут работать от электричества. Некоторые из явлений, которые можно произвести с помощью электрических токов, чудесны и должны показываться на выставках, и нет никаких сомнений, что в этом направлении можно сделать очень многое. Театры, публичные залы и частные жилища нуждаются в огромном количестве устройств и приспособлений для комфорта и предоставляют изобилие возможностей одаренному и практичному изобретателю.

Огромное и абсолютно нетронутое поле — это использование электричества в качестве привода кораблей. Ведущая электрическая компания этой страны только что оборудовала большое судно высокоскоростными турбинами и электрическими моторами, и достигло поразительного успеха. Такого рода приложения будут множиться с большой скоростью, потому что преимущества электрического привода теперь видны всем. В связи с этим важную роль вероятно сыграет гироскопический аппарат, поскольку его широкое применение на кораблях обязательно произойдет. Очень мало пока что сделано во внедрении электрического привода в различных отраслях индустрии и производства, и перспективы безграничны.

НЕКОТОРЫЕ ИЗ БУДУЩИХ ЧУДЕС

Уже написаны книги о применении электричества в сельском хозяйстве, но факт тот, что вряд ли что-нибудь практически сделано. Безошибочно установлены полезные эффекты от электричества высокого напряжения, и сельскохозяйственные электрические аппараты произведут революцию.

Охрана лесов от пожаров, уничтожение микробов, насекомых и грызунов будет в свое время выполняться электрическими средствами.

В ближайшем будущем мы увидим очень много новых применений электричества в целях безопасности, особенно судов в море. У нас будут электрические устройства для предотвращения столкновений, и мы даже сможем рассеивать туман электрической силой и мощными и проникающими лучами. Я надеюсь, что за следующие несколько лет будут установлены беспроводные станции для освещения океанов. Это совершенно реальный проект, и, если его выполнить, даст больше, чем все другие меры для сохранности собственности и человеческих жизней в море. Та же станция может производить стационарные электрические волны и давать кораблям возможность в любое время брать точные азимуты и получать другие ценные практические данные не прибегая к нынешним способам. Это можно также использовать для сигналов времени и многих других целей сходной природы.

Электротелеграфия — другое необъятное поле с неограниченными возможностями для электрических приложений. Особенно большое будущее имеют высокочастотные токи. Наступят времена, когда эта форма электрической энергии станет доступна в каждом частном доме. Я считаю весьма вероятным, что с их поверхностными воздействиями мы сможем положить конец привычному мытью, поскольку очищение тела достигается мгновенно при подключении его к источнику токов или электрической энергии очень высокого потенциала, что приводит к сбрасыванию пыли и маленьких частичек, прилипающих к коже. Такое сухое мытье, помимо удобства и экономии времени, будет также имеет полезный терапевтический эффект. Появляются новые электрические устройства для глухих и слепых и станут благословением для несчастных.

Скоро электрические приборы станут важным фактором предупреждения преступности. В судебных разбирательствах часто решающим станет электрическая улика. В недалеком времени станет возможным показывать на экране любое изображение, представленное мысленно, и делать его видимым в любом месте. Разработка этих средств чтения мыслей произведет переворот к лучшему во всех наших общественных отношениях. К сожалению, правда, что хитроумные злоумышленники смогут воспользоваться подобными преимуществами на пользу своему гнусному делу.

ТЕЛЕГРАФИЧЕСКАЯ ФОТОГРАФИЯ И ДРУГИЕ ДОСТИЖЕНИЯ

Многое все еще можно усовершенствовать в телеграфии и телефонии. Применение нового принимающего устройства, которое будет кратко описано, чувствительность которого можно увеличивать практически без ограничений, позволит связываться по телефону по воздушным линиям или кабелям любой длины, снижая необходимый рабочий ток до сколь угодно малой величины. Это изобретение освободит от необходимости применения дорогостоящих сооружений, польза от которых весьма ограничена. Также чрезвычайно распространится беспроводная передача информации во всех областях.

Еще должны воцариться технологии передачи изображений с помощью обычных телеграфических методов и существующих аппаратов. Эта идея телеграфирования или телефонирования изображений стара, но практические сложности стесняли ее коммерческую реализацию. Было произведено большое количество многообещающих улучшений, и есть все основания ожидать, что успех скоро придет.

Другим ценным новшеством станет электрическая пишущая машинка, управляемая человеческим голосом. Это достижение заполнит давно ощущаемую потребность, так как покончит с машинистками и сбережет массу труда и времени в офисах.

Готовится появиться на рынке новый и крайне простой электрический тахометр, и как ожидается, окажется полезен на электростанциях и центральных станциях, на кораблях, локомотивах и автомобилях.

Вскоре будут введено много муниципальных усовершенствований, основывающихся на электричестве. *Скоро повсюду будут стоять уничтожители дыма, поглотители пыли.*

озонаторы, стерилизаторы воды, воздуха, еды и одежды, на улицах — устройства для предотвращения дорожных катастроф, в подземках — поднимающие дорожки. В городе станет практически невозможным заразиться болезнетворными микробами или получить травму, а люди из сельской местности будут ехать в города, чтобы отдохнуть и набраться сил.

ВОЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Нынешний международный конфликт — это мощный стимул к изобретению устройств и орудий войны. Скоро сделают электрическую пушку. Удивительно, что ее не сделали давным-давно. Дирижабли и аэропланы будут оборудоваться небольшими электрическими генераторами высокого напряжения, от которых смертоносные токи будут по тонким проводам пускаться на землю. Военные корабли и субмарины будут снабжаться электрическими и магнитными датчиками такой чувствительности, что будет обнаруживаться приближение любого тела под водой или в темноте. Торпеды и плавучие мины также будут иметь средства наведения, сами направляться автоматически и безошибочно к фатальному соприкосновению с поражаемым объектом. Техника телавтоматика, или беспроводного управления автоматическими машинами на расстоянии, будет играть очень важную роль в будущих войнах, а возможно, и в следующих стадиях нынешней. Подобные приспособления, действующие как будто они наделены разумом, будут применяться бесчисленными путями и в нападении, и в обороне. Они могут принять вид аэропланов, воздушных шаров, автомобилей, надводных и подводных судов, или других форм, в соответствии с требованиями в каждом конкретном случае, и их дальность и разрушительная сила будут больше, чем у средств, применяемых сейчас. *Я уверен, что телавтоматическая воздушная торпеда сделает огромные осадные пушки, на которых сейчас стоит вся оборона, ненужными.*

И таких изобретений можно предложить целую кучу, не исчерпав всех возможностей. Прогресс даже при существующих условиях идет достаточно быстро, но когда станет возможной беспроводная передача энергии для обычных нужд, человечески прогресс вероятно приобретет характер урагана. Важность этой изумительной технологии для будущего существования и благополучия человеческой расы столь превосходит все прочее, что ясно представлять основные факторы, связанные с ее развитием, следовало бы всем просвещенным людям.

ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО

В нашем распоряжении есть три главных источника жизнеобеспечивающей энергии — топливо, водяная энергия и тепло солнечных лучей. Инженеры часто говорят о покорении энергии приливов, но обескураживающая правда состоит в том, что приливная вода на один акр суши будет в среднем давать одну лошадиную силу. Тысячи механиков и изобретателей тратят свои силы в попытках построить волновые моторы, не осознавая, что энергия, получаемая таким образом, никогда не сможет конкурировать с другими источниками. Сила ветра дает гораздо лучшие возможности и в определенных отношениях весьма ценна, но ее далеко недостаточно. Более того, приливы, волны и ветры дают лишь периодическую и часто изменчивую энергию, и требуют необходимости в больших и дорогих аккумуляторных установках. Конечно, есть и другие возможности, но отдаленные, и мы вынуждены зависеть от первого из трех ресурсов. Если мы используем топливо для получения энергии, то мы проживаем свой капитал и быстро исчерпываем его. Это варварский и безрассудно расточительный метод, и его надо прекратить в интересах будущих поколений. Тепло солнечных лучей представляет собой неизмеримые количества энергии, намного превосходящие водяную. Земля получает эквивалент 83 футофунтов в секунду на каждый квадратный фут, на который лучи падают перпендикулярно. Из простых геометрических приемов, примененных к сферическому телу, следует, что средняя скорость на квадратный фут земной поверхности равна

одной четвертой этого, или 20 $^{3}/_{4}$ футофунтов. То есть, более одного миллиона лошадиных сил на квадратную милю, или в 250 раз больше энергии воды на ту же площадь. Но это так только в теории; практические факты представляют все это в ином свете. Например, если рассматривать Соединенные Штаты и учесть среднюю широту, внутридневные колебания, ежедневные изменения, сезонные вариации и нерегулярные изменения, эта энергия солнечных лучей уменьшится до одной десятой, или 100,000 лошадиных сил на квадратную милю, из которых мы могли бы смочь получить из высокоскоростных турбин низкого давления 10,000 лошадиных сил. Сделать это означало бы создание таких больших и дорогих машин и аккумуляторных установок, что подобный проект лежит далеко за пределами осуществимого. *Неизбежный вывод состоит в том, что энергия воды — безусловно наш самый ценный ресурс. Исходя из этого человечество должно строить свои надежды на будущее.* При ее полном освоении и наличии беспроводной передачи энергии на любое расстояние, человек сможет решить все проблемы материального существования. Расстояния, являющиеся основной преградой человеческому прогрессу, для мысли, слова и действия исчезнут полностью. Человечество объединится, войны станут невозможны, и повсюду воцарится мир.

7

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД ДЛЯ ВОЕННЫХ КОРАБЛЕЙ*

Идеальная простота индукционного мотора, его полная реверсивность и другие уникальные качества делают его в высшей степени удобным для тяги кораблей, и с тех самых пор, как я представил свою систему передачи энергии вниманию своим коллегам через Американский Институт Инженеров Электротехников, я энергично настаивал на ее применении для этой цели. В течение многих лет эта схема объявлялась неосуществимой, и на меня сыпались обвинения в заблуждениях и некомпетентности. В 1900, когда моя статья, защищающая электрический привод, появилась в Журнале Century, Морское Кораблестроение обозвало это проект "ослиным упрямством", и ярость, вызванная моими предложениями, была такова, что редактор другого технического периодического издания подал в отставку и порвал отношения, чтобы не допустить публикацию некоторых нападок.

Такой же прием был оказан и моему беспроводному кораблю неоднократно описанному в Herald за 1898. Патенты на эти изобретения с тех пор уже истекли, и теперь они являются общим достоянием. Мало помалу безумный антагонизм и невежество уступили место доброжелательному интересу, признанию и справедливой оценке. Недавно Министерство Военно-Морского Флота заключило контракт общей суммой в $ 100,000,000 на постройку семи военных судов с приводом от индукционного мотора, и такая же сумма назначена в покрытие стоимости четырех гигантских военных крейсера, которые должны быть оснащены так же. Этот последний проект вызвал сопротивление некоторых кораблестроителей, изготовителей турбин, электропроизводителей и инженеров, которые, опасаясь фатальной ошибки со стороны правительства и под влиянием патриотических побуждений, убеждали власти в использовании редукционной турбины.

ПОЛЕМИЧЕСКАЯ ПЕРЕПИСКА

С.А. Свенсону из Военно-Морской Комиссии Сената были написаны многочисленные письма протеста, но все, что из этой переписки пока что вышло, это только споры, без всякой выгоды для тех, кто ищет информацию. Прискорбно, что эту полемику надо было затеять в данный критический момент, когда осознается категоричная необходимость незамедлительной подготовки к нависшей национальной угрозе, и в виду этого нельзя позволять никаким сомнениям оставаться в общественных умах относительно превосходства оснащения, рекомендованного флотскими специалистами. Ниже я постараюсь сделать это понятным обычному читателю.

Наиболее эффективным средством тяги является струя воды, выбрасываемая за кормой в обратном направлении из корпуса судна. Хотя управляющие ее действием теоретические законы, были точно сформулированы пятьдесят лет назад Ранкином, странное и необъяснимое предубеждение против этого устройства до сих пор преобладает среди инженеров и авторов учебников по гидравлике. Но дальновидные люди ясно осознают его возможности. Хотя наши нынешние движущие средства не позволяют воспользоваться преимуществами струи, можно с уверенностью предсказывать, что скоро она послужит средством более полного завоевания

* New York Herald, Febr. 25, 1917.

океанов. Я твердо уверен в этом когда пишу эти строки, потому что одно только; это, будучи примененное к субмаринам, наводящим ужас на море, сможет объяснить, как им легко удастся избегать обнаружения микрофонными приборами. Излучаемый звук — это Ахиллесова пята подводных лодок. Его подавление существенно повышает разрушительный потенциал этого нового оружия.

СПИРАЛЬНЫЙ ГРЕБНОЙ ВИНТ

Тем не менее, в существующих условиях наилучшие результаты для надводных судов дает спиральный гребной винт, который приводится в движение четырья путями. Первый, прямо от вала первичного двигателя; второй, посредством шестерни; третий, через гидравлическую передачу, и четвертый, электрическим передатчиком энергии. Так как винт для экономии энергии должен вращаться с умеренной скоростью, первый из упомянутых, "прямой привод", лучше всего подходит для возвратно-поступательного или роторно-поршневого двигателя. Первый устарел, второй невозможен, и конкуренция на рынке выводит вперед турбину. Но из-за ее непомерной скорости, неизбежно нужной для ее хорошей производительности, пришлось переходить к винту. Это, в свое время, выполнялось путем "ступенчатости" — то есть пропускания пара последовательно через множество турбин, — схемы, очевидно влекущей за собой огромные недостатки, финансовые и прочие. Тогда необходимость уменьшить размеры и стоимость оборудования и обеспечить более хорошую работу вынудила применить вторую систему — "шестеренчатый турбинный привод", — в которой специальное колесо с лопастями, впервые введенное Де Лавалем, передает движение винту. После этого попытки избавиться от определенных ограничений этой комбинации привели в результате к третьему, "гидравлическому приводу", турбине, приводящей в действие гребной винт посредством центробежного насоса и водяного мотора. И наконец, в дальнейшем продвижении к совершенству, прибегли к последней из перечисленных компоновок — "электрическому приводу". В этом случае турбина сообщает вращение динамо, которое в свою очередь приводит в движение мотор, несущий на своем валу винт.

ПРЕИМУЩЕСТВА РАЗНЫХ ВИДОВ

Каждый из этих видов имел своих приверженцев и чемпионов. В принципе, первый был бы предпочтительной, если бы не был во многих отношениях ущербным. Второй тип дешев, но серьезным возражением является передача. Хотя и менее экономичный, третий зарекомендовал себя множеством практичных и ценных свойств. Что касается последнего, он не очень эффективен, но дает результаты, недостижимые другими видами. Закон выживания наиболее приспособленного доказывает сам себя, и борьба за первенство теперь идет между шестеренчатым турбинным и электрическим приводами.

В результате постепенного развития режущих инструментов, научного проектирования, достижений металлургии и улучшения смазок так называемая шевронная зубчатая передача была доведена до высочайшего совершенства. Де Лаваль достиг в трансмиссии от двигателя к ведомому валу эффективности в девяносто семь процентов, а МакАльпин, Мелвилл и Вестингнауз девяноста восьми с половиной процентов. С другой стороны, девяносто три и три четверти процента можно считать максимумом при электрических агрегате. Это означает, что с передачей та же турбина будет давать на пять процентов больше мощности винту, что должно увеличить скорость крейсера от тридцати пяти до немного более чем тридцати с половиной узлов. И если еще на первый взгляд все выглядит так, будто электрический привод требует дополнительного места, тяжелее и дороже стоит, то совершенно естественно, что те, кто не проводил всестороннего изучения во всех его фазах, выносят решение в пользу передачи.

НЕКОТОРЫЕ ФАТАЛЬНЫЕ ОШИБКИ

Но тщательное исследование предмета привело бы их к перемене своего мнения. В оценке сравнительных достоинств этих существенно различающихся движущих средств они делают две фатальные ошибки. Первая — это принятие в качестве критерия мощности, передаваемой в ненормальном режиме; вторая — проведение параллели между установками совершенно различными, одной примитивной, а другой сложной, при том, что первая неспособна выполнять важные функции второй. Когда посылки ошибочны, делаемые из них выводы неизбежно ложны. Так оппоненты электрического привода приходят к выводу, что он менее эффективен, чем передача, весит больше, более дорог и его работоспособность под вопросом. Насколько правильна эта точка зрения в полемике, станет очевидным в результате изучения хорошо установленных фактов.

Электрический привод имеет комплексное влияние на результаты в работе корабля. Ради краткости он будет рассматриваться только в следующих главных аспектах: (1) производительность турбины, (2) мощность, передаваемая винту, (3) эффективность винта, (4) ход на малой мощности, (5) действие при высокой мощности, (6) потребление топлива вспомогательными устройствами и корабельными аппаратами, (7) общая экономия и (8) быстрота и точность управления всеми действиями, внутренними и внешними.

Современные турбины чрезвычайно неудобны для корабельного привода. Они являют собой поразительный пример устаревшего изобретения, ценность которого невелика, но которое возведено в положение выдающейся коммерческой выгоды в результате глубоких исследований и поразительного искусства механиков. С их сотнями тысяч тонких лопаток, столь легко выходящих из строя, поршнями, которые становятся неэкономичными из-за коррозии и эррозии, и малыми зазорами между поверхностями, которые вращаются с сумасшедшей скоростью, они являются постоянным источников рисков и опасностей.

НЕВОЗВРАТНЫЕ ТУРБИНЫ

Но их кардинальный недостаток — это их невозвратность, которая вынуждает для заднего хода использовать отдельные турбины. Все это, помимо высоких расходов и значительных потерь на трение, налагает узкие ограничения на температуру рабочего тела. Очень высокий перегрев, столь желательный в термо-динамическом преобразовании, нельзя даже рассматривать, но от 200 до 300 ° F допустимо.

В этой степени турбина имеет преимущество, если приводит в движение турбину. Две сотни градусов перегрева обычно дают экономию примерно в двадцать три процента пара и десять процентов топлива. Это, однако, не единственный выигрыш. Турбина, избавленная от всех недостатков зубчатой передачи, может безопасно работать при более высокой окружной скоростью и соответственно более высокой эффективностью и отдачей. Таким образом, путем умеренного перегрева и других простых и допустимых приемов, становится осуществимым получение на двадцать пять процентов большей мощности из того же топлива, и одно только это давало бы электрическому приводу решительное превосходство над конкурентом.

МЕХАНИЧЕСКИЙ TOUR DE FORCE

Что касается энергии, передаваемой от турбины на винт, в свете вышесказанного представляется, что передача лучше на пять процентов. Может быть это и так в исключительных испытаниях, но обстоит совсем по-другому в реальной работе. В этом прослеживается ошибка тех, кто принимает результаты, полученные при постоянной нагрузке, за стандарт для сравнения. Создание современной высокоскоростной передачи явилось воистину *tour de force* научных машинистов. Это чудесное устройство, но ему также присущи неотделимые слабости и недостатки. Поскольку заметные потери на трение в ней постоянны в широком диапазоне производительностей, при малой нагрузке поглощается относительно

большое количество энергии. Передача также очень чувствительна к ударам и вибрации, которые нарушают капиллярную масляную пленку, жизненно важную для гладкой работы. Как следствие, возникает большая потеря энергии, когда противодействующая сила подвержена частым и внезапным флюктуациям. Измерения, которые я провел над турбинной передачей, показали, что хотя эффективность при неизменном и нормальном усилии составляла девяносто три процента, при быстро меняющейся нагрузке получалось не больше девяноста процентов. Это то, что можно ожидать на практике. Любой, кто слышал, как надрываются двигатели парохода в бурном море, не мог не заметить, как меняется вращающее усилие при продольной и поперечной качке, рассекании больших волн и прохождении через противоборствующие подводные течения. Похожее положение вещей противостоит военному кораблю в бою, как подтвердили недавние морские сражение, когда взрывы снарядов вздымали горы воды. При подобных обстоятельствах передача находится в очень невыгодном положении, тогда как электрический привод чувствителен к этим помехам в гораздо меньшей степени. Таким образом, представление о том, что передача передает больше первичной мощности к винту, чем комбинация динамо и мотора, во многом иллюзорна. Есть богатые доказательства, экспериментальные и умозрительные, что истинно как раз обратное.

ПРЕВОСХОДСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА

Если рассматривать эффективность винта отдельно от эффективности передачи энергии, она очевидно выше при электрическом приводе, это заключение полностью основано на более высокой адаптивности и гибкости системы. Но есть и более глубокие причины, которые следует принять во внимание. Введение электромагнитных средств между турбиной и винтом существенно снижает потери, обусловленные ударами, вибрацией, разгоном и прочими нарушениями, вызванными внутренней эластичной упругостью и уравнивающей тенденцией. Таким образом, при высокой скорости и в бурном море получается существенная экономия энергии.

Экономия на крейсерской скорости — одно из наиболее желательных качеств военного корабля. Это его обычное применение, потому что шанс когда-либо попасть в сражение весьма незначителен. Самые резкие противники электрического привода не отрицают его превосходства по этой характеристике, по которой производители обычно надежно гарантируют потребление от 10 до 12 процентов меньшее, чем для передачи. Последняя безнадежно обречена из-за невозможности приспособиться к меняющейся скорости и не экономности работы на крейсерской скорости, тогда как первый вполне приспособлен и экономичен при всех условиях.

Другое качество электрического привода, которое может оказаться особенно ценным в бою, это его способность безопасно переносить огромную перегрузку, благодаря уже объяснявшейся природе связи между турбиной и винтом. Передача негибкая и неподатливая, и любое возрастание усилия, особенно неожиданное, может вызвать поломку.

СБЕРЕЖЕНИЕ ЭНЕРГИИ

Что касается вспомогательного оборудования и прочей аппаратуры, применяющихся на кораблях, на которые относится приблизительно 20 процентов потребляемого топлива, с введением электрического привода будет достигнуто очень значительное сбережение энергии.

Совершенно независимо от этого, использование снабжения от центральной станции будет весьма действенным в снижении прочих потерь, без многого вспомогательного оборудования можно будет обойтись, что существенно увеличит общую экономию.

Но с военной точки зрения быстрота, простота и точность управления будут вероятнее всего самыми значительными преимуществами. Все можно будет делать мгновенно одним нажатием кнопки. Реверсируя моторы, можно затормозить судно, идущее на полной скорости, на длине его корпуса. Будет возможным заставить его выполнять все маневры с

исключительной скоростью, и будет достигнута точность маневра, о которой нельзя было мечтать раньше.

Забавная ошибка делается адвокатами турбинной передачи в оценке относительного веса. Вряд ли следует говорить, что нечестно, если не абсурдно, сравнивать устройства, столь сильно различные по характеру и области применения. Следует рассматривать только те, которые могут достигать одинаковых результатов. Тогда привод с передачей, который соответствует электрическому, состоял бы из четырех главных турбин с передачами, четырех обратных турбин той же мощности, и восьми меньших движущих и обратных турбин для крейсерского хода. Это скопление сложных и, хотя и всех, очень тяжелых машин, с их системами водяных, воздушных и масляных трубок, клапанов, насосов и прочих приспособлений, далеко бы превышало вес предполагаемого электрического привода и еще требовало бы также лучшей структурной защиты, не говоря уже о других дефектах и недостатках.

ВОПРОС ВЕСА

Следует, однако, заметить, что веса следует рассматривать в из отношении к весу корабля. Одно оборудование может быть тяжелее, чем другое, но если оно более эффективное, и потому снижает вес топлива и другого груза, оно во всех отношениях легче другого.

Тоже справедливо и для цены. Сравнительные цифры ничего не значат. Вопрос в том, оправдано ли вложение капитала тем, что будет получено. Но уже достаточно было сказано, чтобы показать, что для результатов, во всех отношениях эквивалентных, если предположить, что это возможно, вид привода с передачей, несмотря на все заявления об обратном, был бы более дорогостоящим.

То, что электрический привод является экспериментальным и ненадежен по производительности, — наименее обоснованная из претензий. На первом месте стоит тот факт, что он был успешно применен на множестве судов и еще больше их строится. Установлено также, что он способен давать эффективность выше любого другого вида. Но это не играет особой роли. Уверенность в том, что нынешняя ситуация позволит воплотить все ожидания, основана не на отдельных демонстрациях, но на годах опыта работы с электростанциями с той самой поры, как моя система начала коммерчески использоваться. Десятки миллионов лошадиных сил индукционных моторов ныне используются по всему миру, и сбоев не зарегистрировано.

ТРЕБОВАНИЯ К НОВЫМ КРЕЙСЕРАМ

Для каждого из новых крейсеров будет требоваться по 180,000 лошадиных сил, которые при необходимости могут развивать четыре установки по 45,000 лошадиных сил. Турбины такой мощности уже созданы и сегодня работают. Динамо соответствующих выходных мощностей уже были установлены в некоторых местах и снабжают большие районы и города светом и энергией. Индукционные моторы в 15,000 лошадиных сил уже делаются производителями и могут быть изготовлены любого нужного размера, так как для всех видов моторов это самое простое и самое главное требование. Вся система в целом была разработана и проработана во всех деталях достаточно давно. Это колоссальный проект, но он может быть легко выполнен любым концерном из небольшого числа тех, кто располагает нужными средствами. Не надо даже делать новые инструменты. В электрическом приводе нет ничего такого, что бы уже не испытывалось, или было бы делать опасно.

Большой вес придается сообщениям, все еще непроверенным, что Англия и Германия от него отказались. Но из этого ничего не следует. От него и здесь не раз отказывались. Кроме того, над Европой витала война, и время для радикальных нововведений было неподходящее. Более того, большие перспективы рисует применение двигателя Дизеля, и испытывалась гидравлическая турбина Д-ра Фоттингера. Начало должно быть где-то положено, и было бы на самом деле очень прискорбно, если бы Соединенные Штаты, где изобретение впервые было

объявлено и реализовано в огромном масштабе, оказались бы последними, кто это поймет. Такие ошибки случались слишком часто. Иностранные флота обычно не держат прессу в курсе своих дел, и можно уверенно предсказать, что если прогресс в этой стране сильно замедлится, снова произойдет повторение старых разочарований и неприятностей.

Не будем вдаваться в другие возражения, которые не столь важны и по существу значения особого не имеют. Не впадая в утомительную техническую дискуссию, можно утверждать, что электрический привод, надлежащим образом спроектированный, сбережет не менее двадцати пяти процентов топлива и благодаря этому, а также другим разнообразным ценным своим достоинствам, будет легче, дешевле и во всех отношениях более надежным, чем передача. На самом деле, я уверен, что можно разработать такую схему, при которой все жизненно важные элементы будут находиться ниже ватерлинии. В свете этого, остается только надеяться, что Министр Военно-Морского Флота не будет обращать внимание на все протесты соперников, сколь бы патриотичны они ни были, а всей вверенной ему властью доведет до конца это большое дело.

Все эти утверждения следует понимать как отражение сегодняшнего положения дел. Появление обратимой турбины сильно изменит ситуацию в пользу передачи. Такая машина была изобретена и описывалась в Herald за 15 Октября 1911. Это был самый легкий из всех первичных двигателей сделанных когда-либо, и он может работать без всякой опасности при температуре красного каления, давая тем самым очень высокую экономию при преобразовании тепловой энергии. Я предчувствую быстрое и широкое наступление его применения для привода кораблей. Но хотя тем самым будет дан идеально простой и очень недорогой привод, все равно будут оставаться весомые аргументы в пользу применения электрического способа на военных кораблях. Чтобы рассеять все сомнения, созданные разнящимися инженерными точками зрения, я приведу только один из них, который сам по себе достаточно логичен и убедителен, чтобы обойтись без других аргументов.

РАЗОРУЖЕНИЕ НЕВОЗМОЖНО

Тщетно мечтать о разоружении и вселенском мире перед лицом ужасных событий, которые сейчас разворачиваются. Они убедительно доказывают, что ни одной стране не позволят контролировать все другие никаким способом. Перед тем, как все народы смогут почувствовать, что их национальное существование находится в безопасности, и установится всемирная гармония, надо будет убрать определенные препятствия, и главными из них являются Немецкий милитаризм, Британское преобладание в морях, поднимающаяся волна миллионов Русских, желтая угроза и денежная мощь Америки. Эти процессы будут медленными и тяжелыми в соответствии с природными законами. Международные трения и вооруженные конфликты на Земле не исчезнут еще долгое время. Бремя человеческого прогресса не было бы таким тяжелым, если бы военную энергию можно было сохранять только в потенциальной форме. Это можно сделать, и это будет сделано через всемирное внедрение беспроводной энергии. Тогда все разрушительные энергии будут без усилий получаться просто одним лишь управлением жизнеобеспечивающими мирными силами.

Содержать военные корабли и другую военную технику обходится чрезвычайно дорого. Судно, обошедшееся в двадцать миллионов долларов, становится практически никчемным по прошествии десяти лет, амортизируясь со средней скоростью два миллиона долларов в год, без учета процентов. Вряд ли одно из пятидесяти служит своей настоящей цели. Чтобы сократить эти разорительные потери и применить некоторые из изобретений, несколько лет назад я разработал схему. Ее признали рациональной, но сложно реализуемой в финансовом и некоторых других отношениях. Сейчас, когда национальная экономика и подготовленность стали насущными вопросами, она приобретает особую важность и значимость.

ИСПОЛЬЗОВАТЬ ВОЕННЫЕ КОРАБЛИ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

Основополагающая идея в том, чтобы выгодным образом сделать военные корабли доступными для использования в мирных целях, одновременно усовершенствую их по многим параметрам. Я осведомлен о недавно выдвинутом предложении использовать их как коммерческие транспортные средства, но это не годится и будет мешать дальнейшему усовершенствованию. Мой проект в первую очередь рассматривает установку электрического привода и применение турбо-динамо машин для подачи света и энергии и производства различных ценных продуктов и предметов в море или на суше. Это будет шагом в направлении сегодняшнего развития, отвечающим целям как военной, так и промышленной подготовленности. Далее я предполагал создание типа двигателя на радикально других принципах, который стал бы ценным активом в мирное время, а также еще и чрезвычайно разрушительным в военное. Новые крейсеры, если они будут оборудованы как планирует Министерство Военно-Морского Флота, будут представлять собой четыре плавучие центральные станции по 180,000 лошадиных сил каждая. Турбины и динамо спроектированы так, чтобы давать самую высокую эффективность и работать при наиболее благоприятных условиях. Мощность, которую они способны развивать, представляет собой рыночную ценность в несколько миллионов долларов в год и могла бы с выгодой использоваться в тех местах, где легко доступно топливо и удобен транспорт. Станции также были бы ценными и в критических ситуациях. Их можно было бы быстро направить в любую точку на побережье Соединенных Штатов или где-либо еще, и это позволило бы правительству когда необходимо оказывать быструю помощь.

Но это еще не все. Есть другая и еще более веская причина для применения электрического метода. Она основана на знании о том, что в совсем недалекое время современные средства и способы ведения войны будут революционизированы посредством новых применений электрической силы.

III
АВТОБИОГРАФИЧЕСКАЯ СТАТЬЯ

НЕКОТОРЫЕ ЛИЧНЫЕ ВОСПОМИНАНИЯ*

Я рад выпавшей возможности по двум причинам. На первом месте то, что я давно хотел выразить мою огромную признательность Scientific American и сообщить, что я в огромной степени обязан за своевременную и полезную информацию, которая льется с его страниц постоянным потоком. Это издание замечательно как высоким качеством специальных статей, так и точным обзором технических новшеств. Оно всегда дает надежную информацию, еще более ценную благодаря поистине доскональному и добросовестному соблюдению литературного этикета в ссылках на источники. Его помощь изобретателям и работа по распространению знаний и просвещению неоценимы. Журнал The Scientific American всегда отличается талантливостью и добросовестностью, выдержанным и достойным тоном до такой степени, что может служить образцом, и эти его качества, как и его огромный и непревзойденный вклад, делают высокую честь не только его сотрудникам и издателям, но и всей стране. Это не праздный комплимент, но искренняя и заслуженная дань, к которой я добавлю еще, по этому памятному случаю, свои наилучшие пожелания непреходящего успеха.

Вторая причина касается лично меня. В печати было много ошибочных утверждений относительно моего открытия вращающегося магнитного поля и изобретения индукционного мотора, которые я вынужденно оставлял без внимания. За огромный интерес расплатой была долгая и мучительная битва за мои патентные права; были коммерческая враждебность и профессиональная ревность, и не раз меня заставляли страдать. Но несмотря на все давления и усилия искусных юристов и специалистов, во всех случаях без исключения решения суда были в пользу моих притязаний на первенство. Но битвы закончились и забылись, тридцать или сорок патентов, данных мне на систему переменного ток, истекли, и я освободился от тягостных обязательств и могу говорить свободно.

Все, что мне пришлось пережить в связи с этим давним открытием, живо в моей памяти. Я вижу лица людей, сцены и предметы, так ярко, резко и детально, что это просто поражает, и это отвечает силе и глубине первоначальных впечатлений. Мне всегда везло на идеи, но никакое другое изобретение столь не дорого мне, как это первое. Это станет понятно, если я кратко опишу обстоятельства, которые сопутствовали ему, и некоторые периоды и случаи из моей ранней жизни.

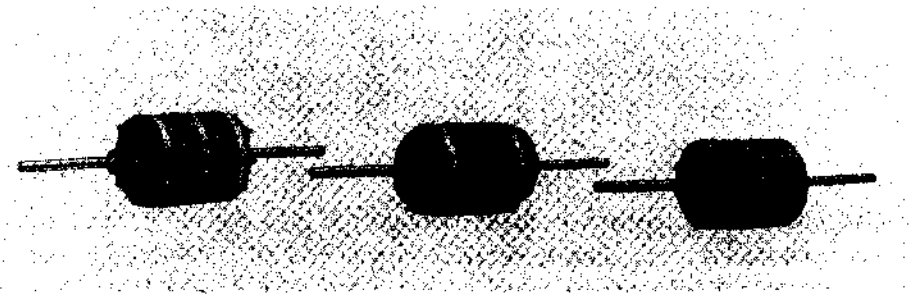
С детства меня прочили в духовенство. Эта перспектива висела над моими мыслями как темная туча. Проведя двенадцать лет в школе и высшем учебном заведении, я получил свой аттестат зрелости и оказался в критической точке моей карьеры. Должен ли я не повиноваться моему отцу, пренебречь самыми теплыми и глубокими пожеланиями моей матери, или же я должен препоручить себя судьбе? Эти раздумья угнетали меня, и я со страхом смотрел в будущее.

Как раз в это время там, где я родился, вспыхнула ужасная эпидемия холеры. Люди ничего не знали о природе этой болезни, и средства санитарии были самыми скверными. Они жгли огромные костры из сильно пахнущего кустарника для того, чтобы очистить воздух, но при этом легко пили зараженную воду и умирали толпами как овцы. Вопреки категорическому наказу моего отца я не сидел дома и заболел. Девять месяцев в постели, почти без движения,

---

* Scientific American, June 5, 1915.

казалось отняли у меня все мои жизненные силы, и доктора отказались от меня. Это были мучительные переживания, не столько по причине физических страданий, сколько из-за моего сильного желания жить. После одного из моих обмороков мой отец подбодрил меня, дав обещание разрешить мне учиться инженерному делу; но оно бы осталось невыполненным, если бы не чудесное исцеление меня моей матушкой. В этом не было никакой силы внушения или таинственного воздействия. Такие вещи никогда не оказывали на меня влияния, потому что я твердо верил в естественные законы. Излечение было чисто медицинским, героическим, если не сказать отчаянным; но оно подействовало, и через год лазанья по горам и жизни в лесу я был готов к самым суровым телесным испытаниям. Мой отец сдержал свое слово, и в 1877 я поступил в Иоаннеум в Граце, в Штирии, одно из старейших технических заведений в Европе. Я намеревался показать результаты, которые бы вознаградили моих родителей за их горькое разочарование в связи со сменой рода моих занятий. Это не было преходящим стремлением легкомысленного юнца. Это была железная решимость. Поскольку, возможно, какой-нибудь молодой читатель Scientific American сможет извлечь пользу из моего примера, я объясню.

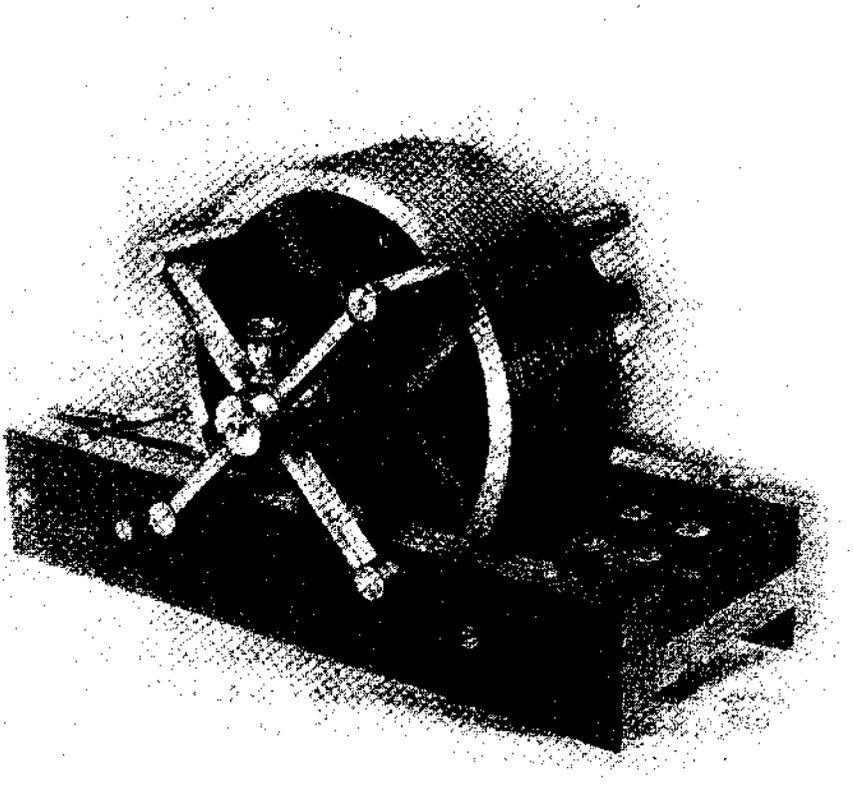


Три ротора, использовавшихся в раннем индукционном моторе, показанном ниже

Когда я был мальчиком семи или восьми лет, я прочел новеллу под названием "Абафи" — Сын Аба — Сербский перевод с Венгерского Иосики, известного писателя. Уроки, которые я постиг читая ее, очень напоминают "Бен-Гура", и в этом смысле эту вещь можно рассматривать как предвосхищение работы Уоллеса. Возможности силы воли и самоконтроля чрезвычайно притягивали мое живое воображение, и я начал дисциплинировать себя. Если у меня было печенье или сочное яблоко, которое я до смерти хотел съесть, я отдавал его другому мальчику и испытывал Танталовы муки, с болью но и удовлетворением. Если передо мной стояла какая-то изнурительная задача, я набрасывался на нее снова и снова, пока не делал. Так я практиковался день за днем, с утра до ночи. Сначала это требовало сильного умственного усилия, направленного против склонностей и желаний, но шли годы, и это противоречие ослабевало, и наконец мои воля и желание стали одним и тем же. Таковы они и сегодня, и в этом лежит секрет всех моих успехов. Эти переживания настолько тесно связаны с моим открытием вращающегося магнитного поля, как будто они составили его существенную часть; если бы не она, я бы никогда не изобрел индукционный мотор.

В первые годы моего учения в Иоаннеуме я регулярно вставал в три часа утра и работал до двенадцати ночи; не исключая Воскресений и праздников. Мой успех был необычен и вызвал интерес профессоров. Среди них был Д-р Алле, который читал лекции по дифференциальным уравнениям и другим разделам высшей математики, и чьи выступления были незабываемым интеллектуальным наслаждением, и Проф. Пешл, заведовавший кафедрой физики, теоретической и экспериментальной. Этих людей я всегда вспоминаю с чувством благодарности. Проф. Пешл был эксцентричным; о нем говорили, что он носил одно и то же пальто двадцать лет. Но чего ему не хватало в плане личной привлекательности, с лихвой окупалось совершенством и красотой его выступлений. Я ни разу не заметил, чтобы он упустил хоть слово или сделал хотя бы одно неверное движение, и его демонстрации и эксперименты всегда выходили точными, как часы. Однажды зимой 1878 в лекционном зале был установлен новый аппарат. Это было динамо с постоянным пластинчатым магнитом и якорем Грамма.

Проф. Пешл намотал вокруг поля провод, чтобы показать принцип самовозбуждения, и установил батарею, чтобы машина работала как мотор. Когда он демонстрировал это второе свойство, в коммутаторе и на щетках было сильное искрение, и я отважился заметить, что эти устройства можно было бы удалить. Он сказал, что это совершенно невозможно, и связал мое предложение со схемой вечного движения, что развлекло моих однокашников студентов и сильно смутило меня. Некоторое время я колебался под влиянием его авторитета, но моя уверенность становилась все сильнее, и я решил найти решение. В то время моя решимость означала для меня больше, чем любой святой обет. Я взялся за эту задачу со всей пламенностью



Один из ранних индукционных моторов. Хотя он весил всего лишь 20 фунтов, он развивал 1.4 лошадиной силы при скорости в 1,800 оборотов, эти характеристики в то время считались замечательными.

и безграничной уверенностью юноши. Для моего ума это было просто испытанием силы воли. Я ничего не знал о технических сложностях. Весь мой оставшийся семестр в Граце прошел в усиленных но бесплодных попытках, и я почти убедил себя, что задача неразрешима. В самом деле, думал я, возможно ли преобразовать постоянную тягу силы тяготения во вращающие усилие? Ответом было определенное нет. Не было ли это так же истинно и для магнитного притяжения? Два этих предположения очень казались одним и тем же.

В 1880 я отправился в Прагу, в Богемию, выполняя волю моего отца закончить мое школьное образование в университете. Атмосфера этого старого и интересного города благоприятствовала изобретательству. Город изобиловал голодными художниками, и интеллектуальную компанию можно было найти повсюду. Здесь я сделал первый отчетливый шаг вперед, отделив коммутаторы от машины и разместив их на удаленных осях. Каждый день я придумывал, как осуществить этот замысел, безрезультатно, но чувствуя, что приближаюсь к решению. В течение следующего года у меня произошли неожиданные изменения в моих взглядах на жизнь. Я осознал, что мои родители шли ради меня на слишком большие жертвы, и решил освободить их от этого бремени. Американский телефон достиг Европейского континента, и эта система

должна была устанавливаться в Будапеште. Это казалось идеальной возможностью, и я сел в поезд, едущий туда. По иронии судьбы моей первой работой была работа чертежника. Я ненавидел черчение. Оно было для меня худшим из раздражающих занятий. По счастью, довольно скоро я получил место, которое искал, место главного электротехника телефонной компании. Мои рабочие обязанности свели меня с некоторыми молодыми людьми, которые меня заинтересовали. Одним из них был М-р Сцигети, замечательный образчик человеческой породы. Большая голова с ужасной шишкой с одной стороны и землистый цвет лица делали его по виду злым, но от шеи и ниже его тело могло бы служить для статуи Аполлона. Его сила была феноменальной. В то время я изнурил себя тяжелой работой и беспрестанными размышлениями. Он убеждал меня в необходимости систематического физического развития, и я принял его предложение тренировать меня атлетике. Мы занимались каждый день, и я быстро набирал в силе. Мой ум, казалось, тоже становился более живым, мои мысли обратились к предмету, который поглотил меня, и я был удивлен своей уверенностью в успехе. Один раз, все еще памятный мне, мы развлекались в Варос-лигете, или Городском Парке. Я цитировал по памяти стихи, которыми я страстно увлекался. В том возрасте я знал наизусть целые книги и мог читать их по памяти слово в слово. Одной из них был Фауст. Было далеко за полдень, солнце садилось, и я вспомнил один отрывок:

"Sie rückt und weicht, der Tag ist überlebt,
Dort eilt sie hin undfördert neues Leben,
Oh, dass kein Fl'iigel mich vom Boden hebt
Ihr nach und immer nach zu streben!

Ach, zu del Geistes Flügeln wird so leicht
Kein körperlicher Flü gel sich gesellen!" V

Когда я произнес последние слова, погруженный в мысли и восхищаясь силой поэта, мне как вспышка молнии пришла идея. За мгновение я увидел ее всю, и я палочкой нарисовал на песке схемы, которые приведены в моих основополагающих патентах Мая 1888, и Сцигети их полностью понял.

Мне чрезвычайно трудно представить это переживание читателю в его истинном свете и значении, потому что все это вместе было совершенно исключительным. Когда появляется идея, она обычно сыра и несовершенна. Рождение, рост и развитие — фазы нормальные и естественные. С моим изобретением было по-другому. В самый тот момент, когда я осознал его, я увидел его полностью законченным и завершенным. Опять же, теория, сколь бы ни правдоподобная, обычно должна быть подтверждена экспериментом. Но с той, что сформулировал я, было не так. Ежедневно каждое динамо и мотор демонстрировали абсолютные доказательства ее полной безупречности. Эффект, который это на меня произвело, был неописуем. Мои воображаемые образы были эквивалентны реальности. Я выполнил то, за что взялся, и воображал себя достигающим богатства и славы. Но больше, чем все это, было то, что мне открылось — я был изобретателем. Это было то, чем я хотел быть. Моим идеалом был Архимед. Я восхищался работами художников, но, по моему мнению, все это было лишь тенями и подобиями. Изобретатель, думал я, дает миру создания, которые осязаемы, которые живут и работают.

Установка телефона была теперь выполнена, и весной 1882 мне поступило предложение поехать в Париж, которое я с охотой принял. Там я повстречал нескольких Американцев, с кото-

---

1) *И.-В. Гете,"Фауст", из Сцены Второй У Городских Ворот. Вот два известных перевода:*

День прожит, солнце клонится вдали,
Но ждет, чтоб к новой жизни возродиться.
Где крылья, чтоб взлететь с земли,
Чтоб вдаль и вечно вдаль стремиться!

Ах, если крылья духа мчат в простор,
То крылья тела нам не нужны!
(перевод В. Брюсова)

День прожит, солнце с вышины
Уходит прочь в другие страны.
Зачем мне крылья не даны
С ним вровень мчаться наустанно!
(перевод Б. Пастернака)

(п.п.)

рыми подружился и которым я рассказывал о своем изобретении, и один из них, М-р Д. Каннингем, предложил создать компанию для исследования. Это можно было бы сделать, но по своим служебным обязанностям я должен был ехать в Страсбург, в Эльзас. Именно в этом городе я сконструировал свой первый мотор. Некоторые материалы я привез с собой из Парижа, а железный диск с подшипниками сделали для меня в механической мастерской рядом с железнодорожной станцией, где я установил свет и электростанцию. Это был грубый аппарат, но он дал мне ощутить чувство глубокого удовлетворения, когда я в первый раз увидел вращение, происходящее от переменных токов без коммутатора. Я дважды повторил эксперимент с моим ассистентом летом 1883. Мои сношения с Американцами направили мое внимание к практическому выпуску, и я постарался добыть капитал, но не преуспел в этой попытке и вернулся в Париж в начале 1884. Здесь я тоже предпринял несколько бесполезных попыток, и наконец решился ехать в Америку, куда я прибыл летом 1884. Исходя из накопленного понимания я пошел на Машиностроительный Завод Эдисона, где взялся за разработку динамо машин и моторов. Девять месяцев мои рабочие часы были с 10:30 утра до 5 утра следующего дня. Все это время я все сильнее беспокоился по поводу своего изобретения и принял решение представить его Эдисону. Я все еще помню странный инцидент в этой связи. В один из дней во второй половине 1884 М-р Бэчелор, управляющий работами, взял меня на Кони Айленд, где мы встретили Эдисона в компании с его бывшей женой. Момент, которого я ждал, был благоприятным, и только я готов был начать говорить, как какой-то жутко выглядящий бродяга схватил Эдисона и увлек его куда-то, не дав мне выполнить мое намерение. В начале 1885 ко мне обратились люди с предложением построить систему дугового освещения и создать компанию под моим именем. Я подписал контракт, и через полтора года был свободен и мог посвятить себя практической работе над своим открытием. Я нашел финансовую поддержку, и в Апреле 1887 для этой цели была организована компания, а что было дальше, хорошо известно.

Следует сказать несколько слов относительно разных претензий на первенство, которые делались по выпуску моих патентов в 1888 и в ходе последовавших многочисленных тяжб. Эту честь оспаривали трое, Феррарис, Шелленбергер и Кабанеллас. Все трое потерпели неудачу. Оппоненты моих патентов очень сильно поддерживали претензию Феррариса, но каждый, кто внимательно прочитает его маленькую Итальянскую писульку, которая появилась весной 1888, и сравнит ее с патентной записью, заполненной мною семью месяцами раньше, и с моей бумагой в Американский Институт Инженеров Электротехников, без труда придет к заключению. Не считая того, что он по времени шел после меня, Проф. Феррарис в своей публикации касался только моего мотора с разделенной фазой, а заявке на патент от него приоритет был присужден мне. Он никогда не делал какого бы то ни было важного практического предложения, которое бы было в моей системе, и что касается мотора с разделенной фазой, то он очень твердо придерживался мнения, что тот никакой ценности не имеет. И Феррарис, и Шелленбергер оба открыли вращение случайно, работая с трансформатором Гуллара и Гиббса, и затруднялись объяснить явление. Ни один из них не делал такой мотор с вращающимся полем, как мой, и ни у кого их них не было теории, совпадающей с моей. Что до Кабанелласа, единственным основанием его претензии служит забытый и испорченный технический документ. Некоторые чрезмерно рьяные друзья истолковали патент Соединенных Штатов, выданный Брэдли, как современную запись, но для такой претензии нет каких бы то ни было оснований. Первоначальная заявка только описывает генератор с двумя цепями, которые сделаны с единственной целью увеличить выход. В этой идее было не много нового, поскольку в то время уже существовало некоторое количество подобных машин. Говорить, что эти машины предвосхитили мой вращательный трансформатор, полностью неоправданно. Они могли бы послужить одним из элементов моей системы трансформации, но не были ничем большим, нежели динамо машинами с двумя цепями, сделанными с иными целями и в полном неведении относительно нового и удивительногр явления, обнаруженного в моем открытии.

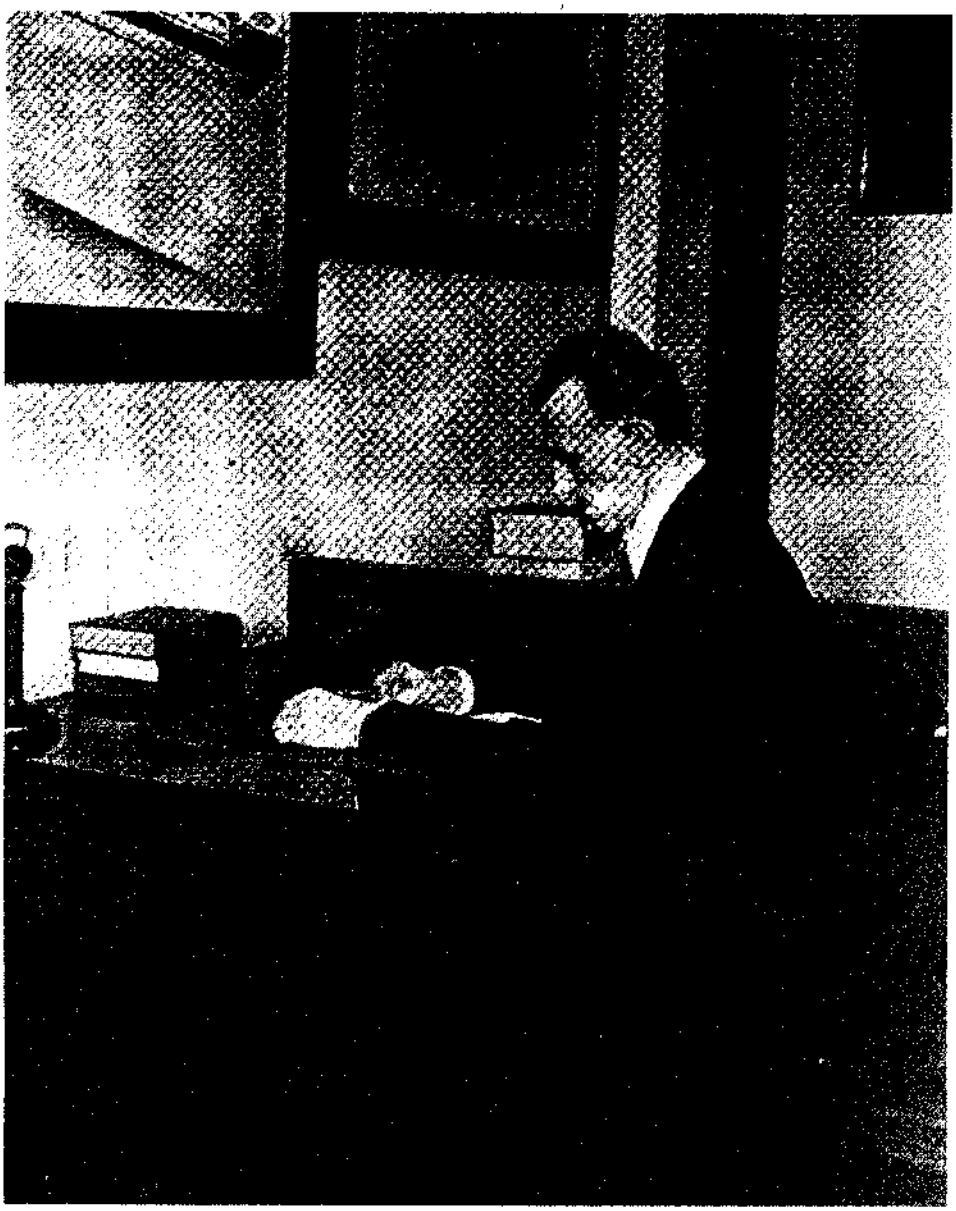
ФОТОГРАФИИ



Никола Тесла в 23 года



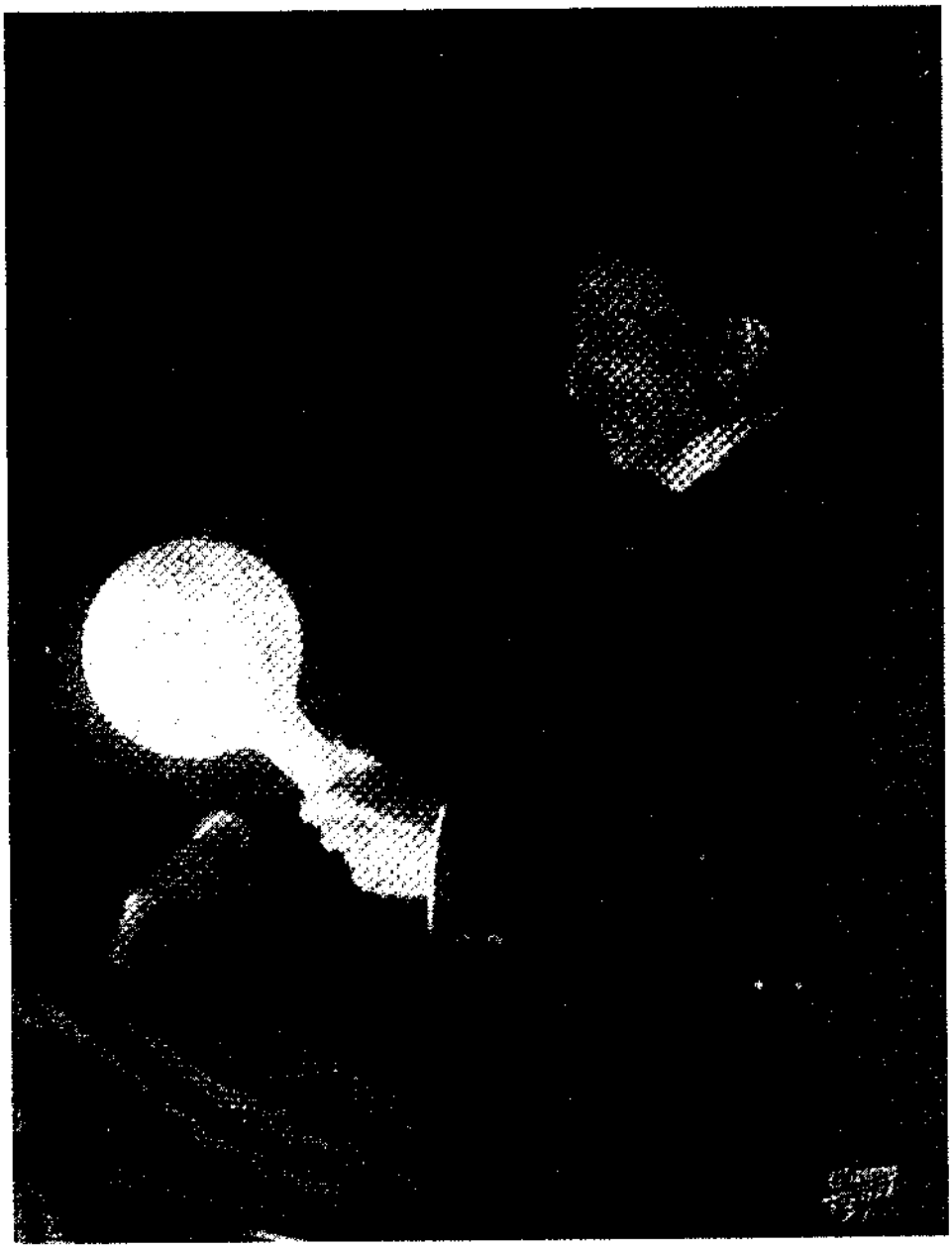
Никола Тесла в 39 лет



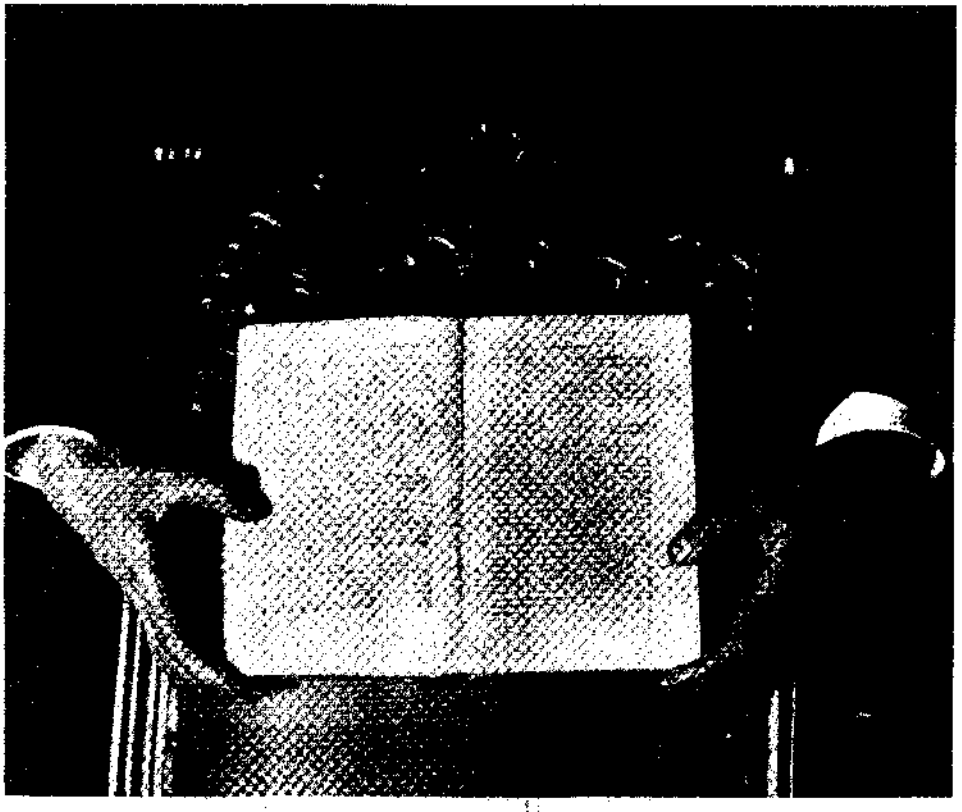
Никола Тесла в своем рабочем кабинете



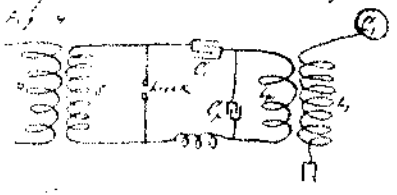
Никола Тесла в своей лаборатории



Никола Тесла с его "искусственным дневным светом"



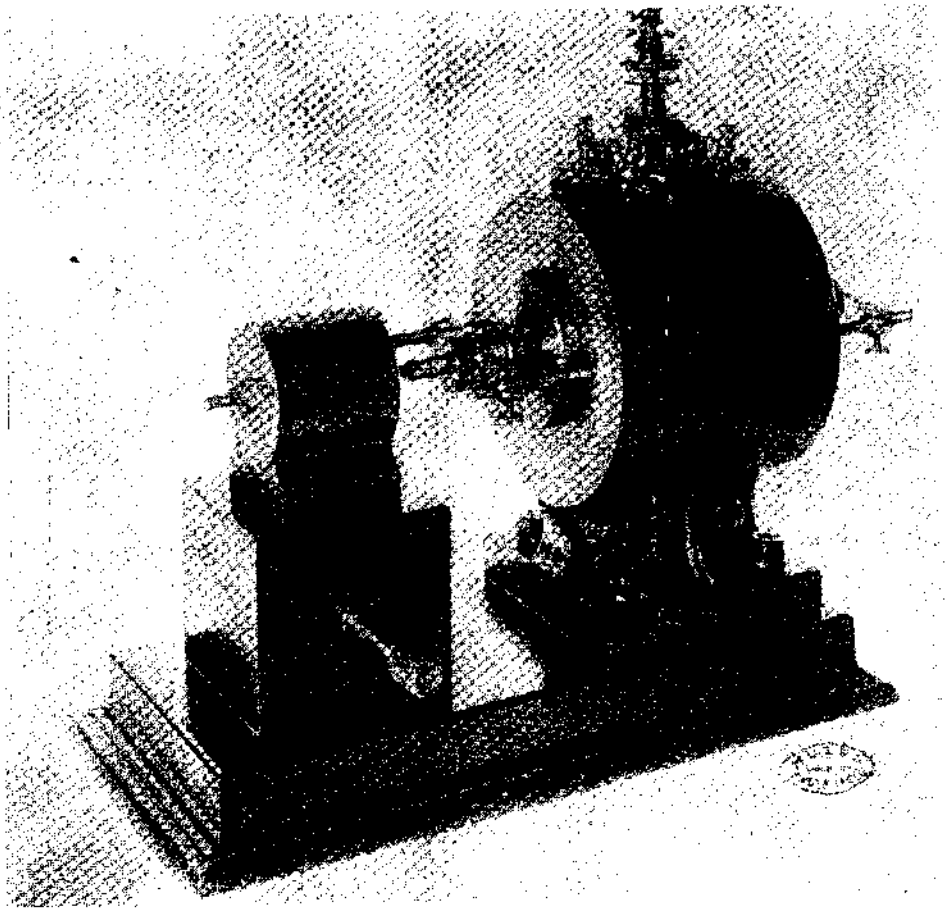
При фотографировании рук Теслы использовался его "искусственный дневной свет"



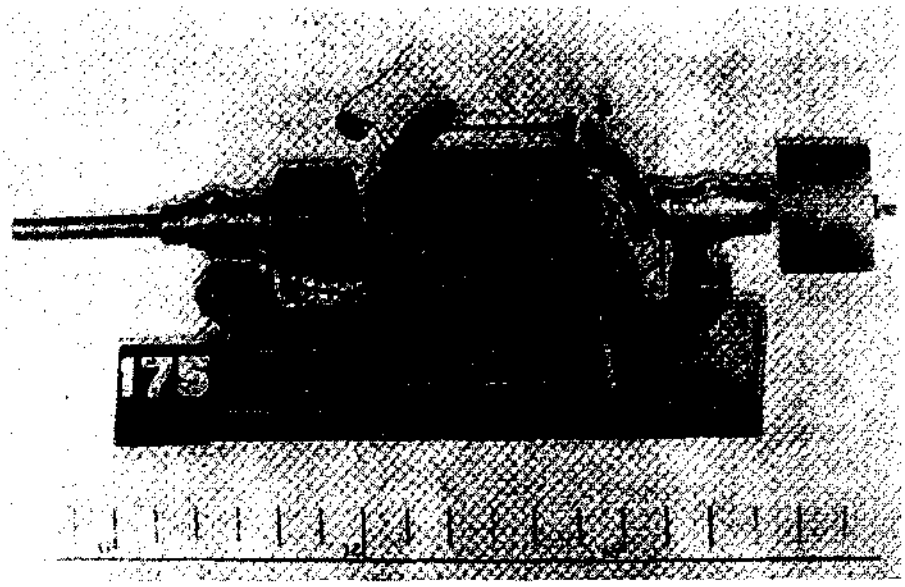
Страница из дневника Теслы времени Колорадо Спрингс



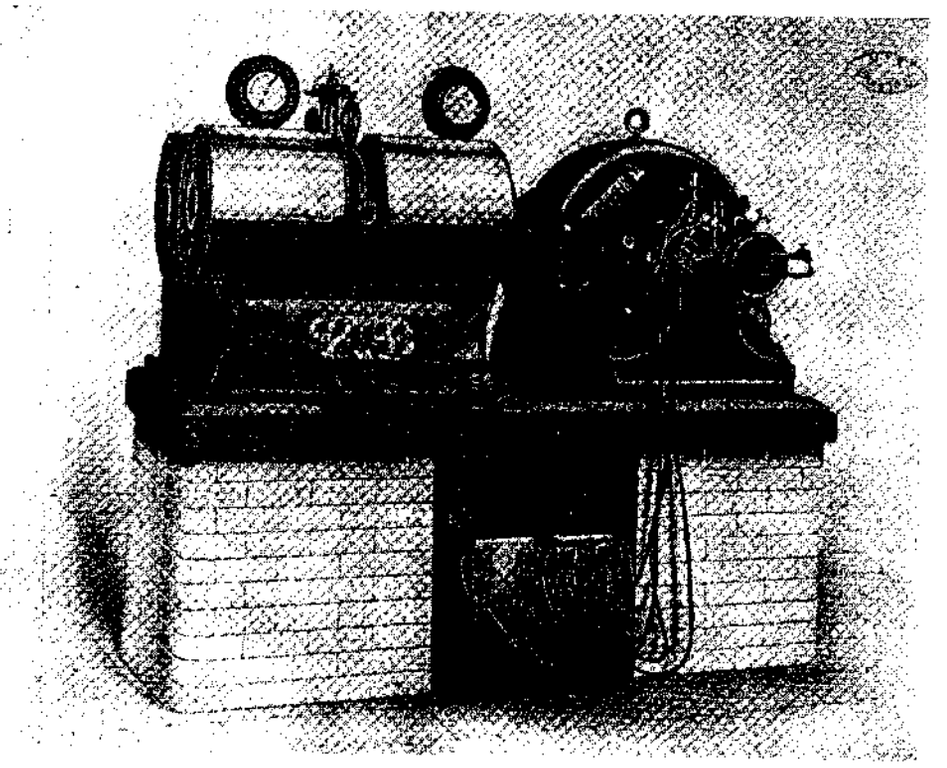
Лаборатория Теслы, освещенная его "искусственным дневным светом"



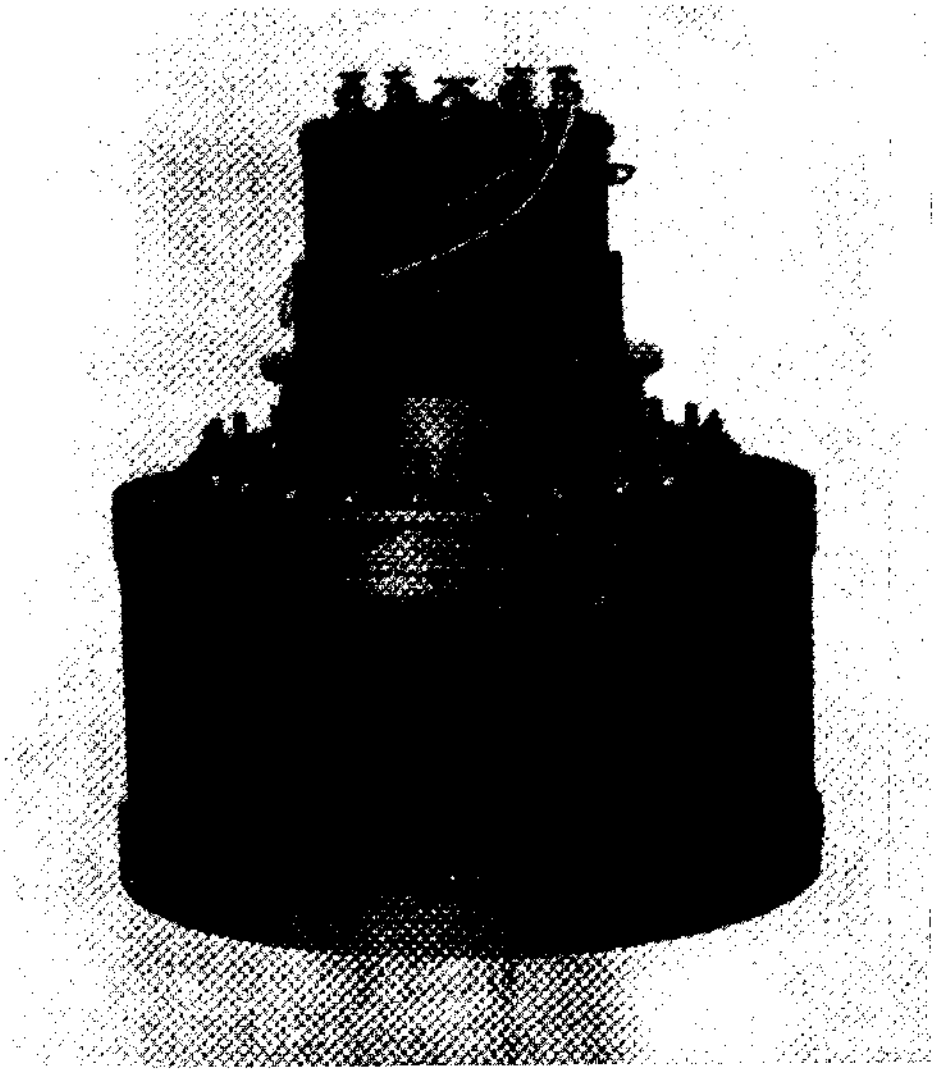
Небольшой динамо-электрический осциллятор для научного применения



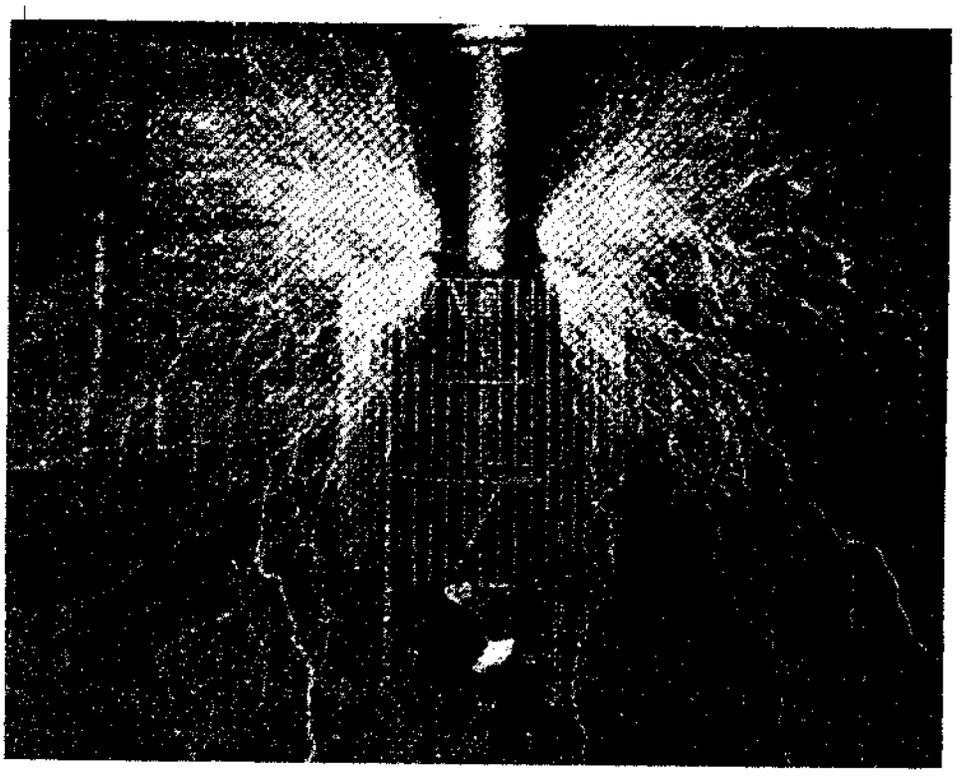
Ранняя лабораторная модель мотора Теслы с круглым ротором и контактными кольцами



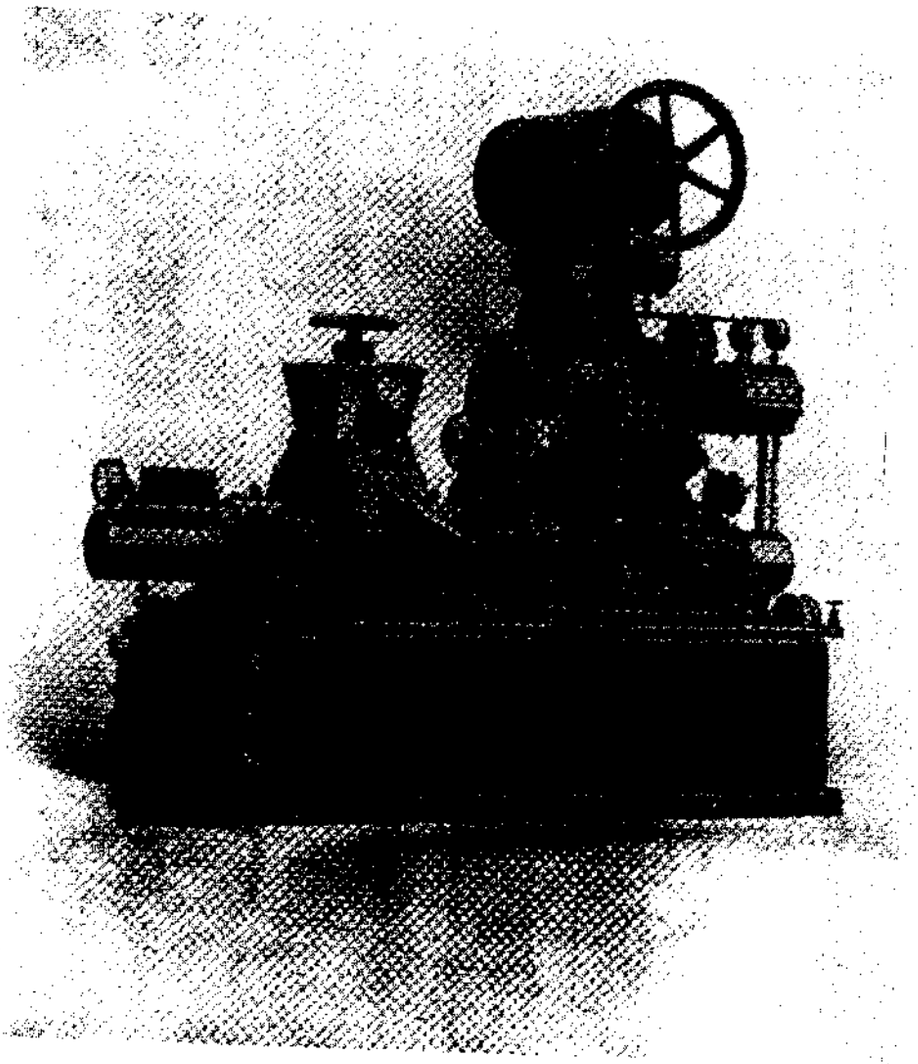
Большой динамо-электрический осциллятор



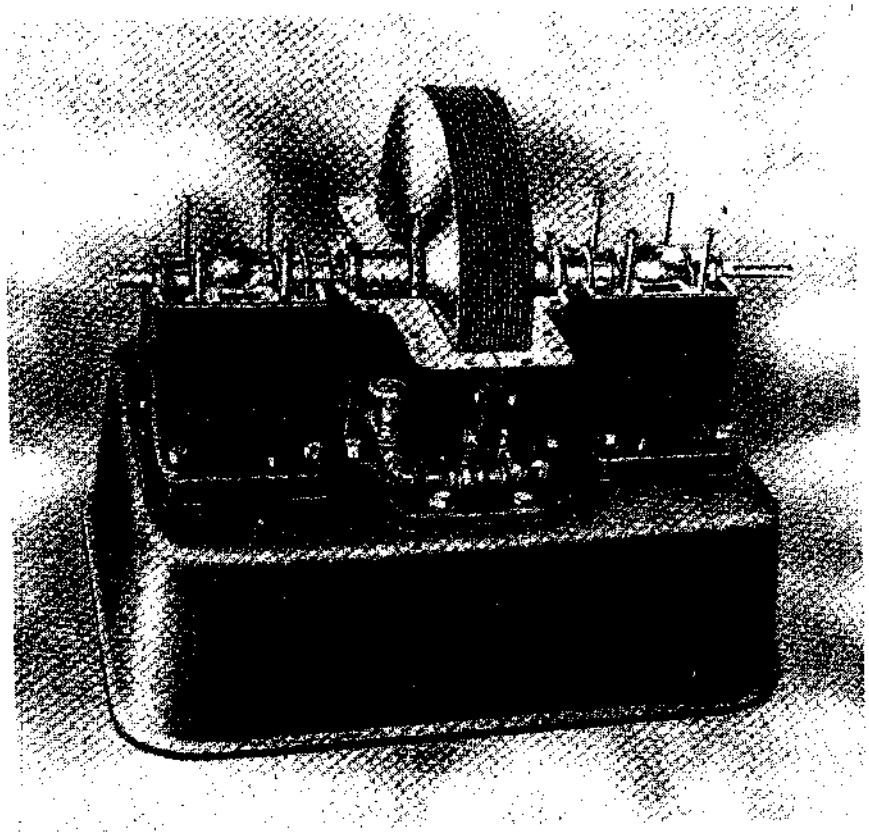
Очень быстрый ртутный прерыватель для промышленного использования



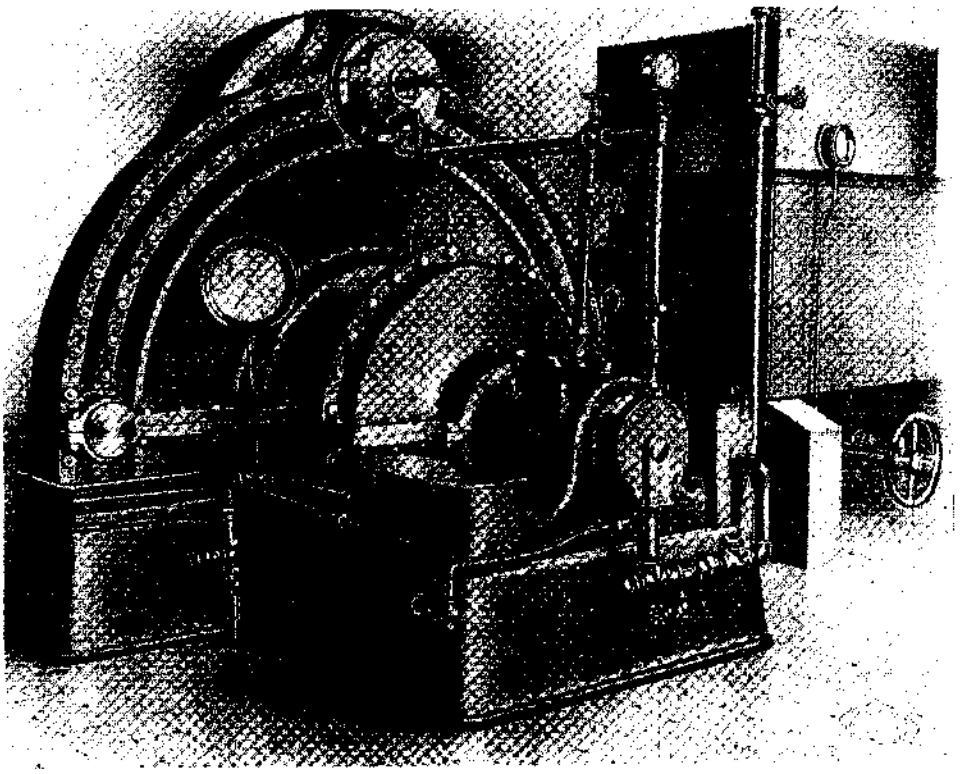
В своей лаборатории в Колорадо Спрингс Тесла получал чрезвычайно высокие напряжения до 12,000,000 вольт (при частоте с несколько *сотен тысяч циклов в секунду)*



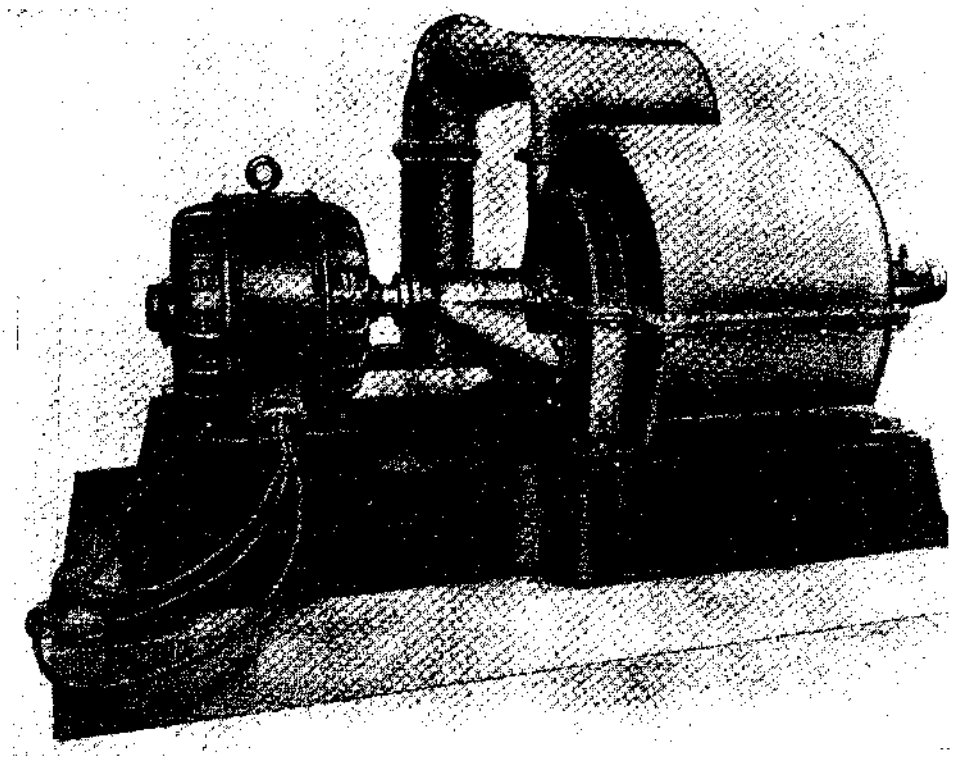
Паровая турбина Теслы мощностью 10,000 л.с.



Нижняя часть с ротором турбины Теслы



Турбо-насос Теслы



Нагнетательный вентилятор и трехфазный мотор Тесла

НОВАЯ СИСТЕМА ТРАНСФОРМАТОРОВ И МОТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА *

Я очень хочу выразить свою благодарность Профессору Энтони за его помощь, которую он оказал в данном вопросе. Я также хотел бы выразить мою признательность М-ру Попу и М-ру Мартину за их содействие. Извещение пришло относительно недавно, и я не смог рассмотреть предмет столь широко, как мне бы того хотелось, так как мое здоровье сейчас не в лучшем состоянии. Я прошу о вашем любезном снисхождении, и буду глубоко удовлетворен, если то немногое, что я сделал, встретит ваше одобрение.

При сегодняшней разнородности мнений касательно относительных достоинств систем переменного и постоянного тока огромное значение придается вопросу, могут ли переменные токи успешно применяться в работе моторов. Трансформаторы, со всеми их преимуществами, дали нам сравнительно совершенную систему распределения. И хотя, как во всех областях техники, желательны еще многие усовершенствования, в этом направлении осталось сделать сравнительно немного. Передача энергии, напротив, практически полностью ограничена использованием постоянных токов, и несмотря на то, что для использования переменных токов было предпринято множество усилий, они, по крайней мере насколько известно, не дали желаемого результата. Из разнообразных моторов, приспособленных для работы в цепях переменного тока, отмечались следующие: 1. Последовательный мотор с разделенным полем. 2. Генератор переменного тока, поле которого возбуждается постоянными токами. 3. Мотор Элиу Томпсона. 4. Мотор с комбинированным переменным и постоянным током. И еще два мотора этого вида пришли мне в голову. 1. Мотор, одна из цепей которого подключается последовательно с генератором, а другая — во вторичную цепь трансформатора. 2. Мотор, у которого цепь якоря подключена к генератору, и обмотки возбуждения замкнуты на себя. Эти я, впрочем, упоминаю лишь мимоходом.

Предмет, который я сейчас имею удовольствие представить вашему вниманию, — это новая система распределения и передачи электрической энергии посредством переменных токов, дающая особые преимущества, особенно в плане моторов, которая, я уверен, сразу же даст превосходную применимость этих токов для передачи энергии и покажет, что многие результаты, до сих пор недосягаемые, с их применением достигаются; результаты, которые столь желательны в практической работе подобных систем, и которые недостижимы при посредстве постоянных токов.

Прежде чем вдаваться в детали описания этой системы, я думаю, необходимо сделать несколько замечаний относительно определенных условий, присутствующих в генераторах и моторах постоянного тока, которыми, хотя они и хорошо известны, часто пренебрегают.

В наших динамо машинах, как известно, мы генерируем переменные токи, которые выпрямляем посредством коммутатора, этого довольно сложного устройства, и, можно так

---

* Прочитана перед American Institute of Electrical Engineers, 16 Мая 1888 г.

сказать, источника большинства проблем, возникающих в работе этих машин. Далее, токи, выпрямленные таким образом, не могут использоваться в моторе, но они должны — и опять посредством подобного ненадежного устройства, — быть вновь преобразованы в свое первоначальное состояние — переменный ток. Функция коммутатора чисто внешняя, и ни в коей мере не влияет на внутреннюю работу машин. Следовательно, на самом деле, все машины — это машины переменного тока, так как токи предстают в виде постоянных только во внешней цепи во время их передачи от генератора к мотору. И только ввиду этого факта переменные токи должны были привлечь к себе внимание как более непосредственное применение электрической энергии, и применение постоянный токов становилось бы оправданным, только если бы были динамо, которые сразу первоначально генерируют их, и моторы, которые бы приводились в действие непосредственно такими токами.

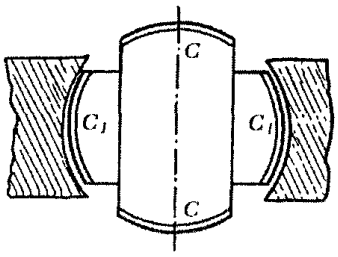


Рис. 1.

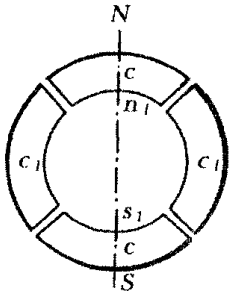


Рис. 1а.

Но работа коммутатора в моторе двойная; во-первых, он обращает токи, идущие через мотор, и во-вторых, он выполняет, автоматически, прогрессивный сдвиг полюсов одной из его магнитных составляющих. Далее, допуская, что обе этих бессмысленных операции, то есть выпрямление переменных токов в генераторе и реверсирование постоянных токов в моторе, исключаются, все равно было бы нужно, для того, чтобы вызвать вращение мотора, получать прогрессивное смещение полюсов одного из его элементов, и сам собой встает вопрос — Как выполнить эту операцию непосредственно с помощью воздействия переменного тока? Теперь я перейду к объяснению того, как это выполняется.

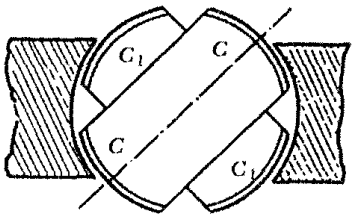


Рис. 2.

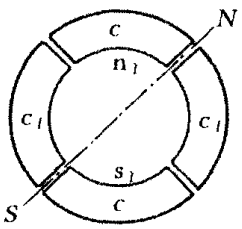


Рис. 2а.

В первом эксперименте барабанный якорь имел две обмотки под прямыми углами друг к другу, и концы этих обмоток подключались к двум парам изолированных контактных колец, как это делается обычно. Кольцо было сделано из тонких изолированных пластин листового железа и обмотано четыремя обмотками, каждые две противоположные из которых соединялись друг с другом так, чтобы давать свободные полюса на диаметрально противоположных сторонах кольца. Остальные свободные контакты обмоток подключались к контактному кольцу якоря генератора, так что образовывалось две независимые цепи, как показано на рисунке 9. Теперь можно видеть, какие результаты достигались подобной комбинацией, и я буду ссылаться в этом отношении на схемы на рисунках с 1 до 8а. Когда поле генератора возбуждается независимо, вращение якоря устанавливает в обмотках *CC* токи, меняющиеся по силе и направлению хорошо известным образом. В положении, показанном на

рисунке 1, ток в обмотке *C* нулевой, тогда как через обмотку C_1 проходит ее максимальный ток, и наши соединения устроены так, что кольцо намагничивается обмотками c_1 c_1, как показано буквами N S на рисунке 1а, а намагничивающий эффект обмоток с с нулевой, потому что эти обмотки включены в цепь обмотки *C*.

На рисунке 2 обмотки якоря показаны в следующем положении, когда уже совершена одна восьмая одного оборота. Рисунок 2а иллюстрирует соответствующие магнитные состояния кольца. В данный момент обмотка C_1 генерирует ток того же направления, что и перед этим, но слабее, создавая в кольце полюса n_1 s_1; обмотка с также генерирует ток того же направления, и соединения таковы, что обмотки с с создают полюса *n s*, как показано на рисунке 2а. Результирующая полярность указана буквами N S, и можно наблюдать, что полюса кольца сдвинулись на одну восьмую его периметра.

На рисунке 3 якорь прошел одну четвертую оборота. На этой фазе ток в обмотке *C* максимален, и его направление таково, что дает полюса N S, как на рисунке 3а, при этом ток

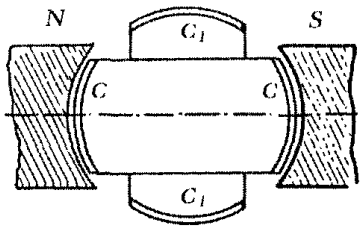


Рис. 3.

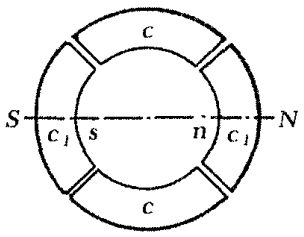


Рис. 3а.

в обмотке C_1 нулевой, эта обмотка находится в своем нейтральном положении. Полюса N S на рисунке 3а, таким образом, сдвинуты на одну четвертую окружности кольца.

Рисунок 4 показывает обмотки *C C* еще более продвинутом положении, когда якорь прошел три восьмых оборота. В этот момент обмотка *C* пока что генерирует ток того же направления, что и раньше, но меньшей силы, создавая сравнительно более слабые полюса n s на рисунке 4а. Ток в обмотке C_1 той же силы, но противоположного направления. В результате, он создает на кольце полюса n_1 s_1, как показано, и полярность N S, в итоге, при этом полюса сдвигаются на три восьмых периметра кольца.

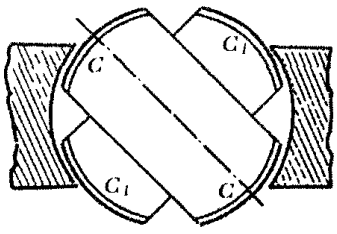


Рис. 4.

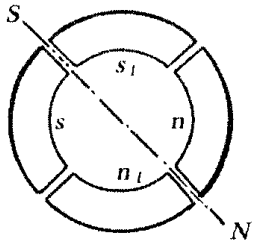


Рис. 4а.

На рисунке 5 пройдена половина оборота якоря, и возникающее в результате магнитное поле показано на рисунка 5а. Теперь ток в обмотке *C* нулевой, а по обмотке C_1 течет ее максимальный ток, имеющий то же направление, что и перед этим; намагничивающий эффект, таким образом, обуславливается только обмоткой c_1 c_1, и следуя рисунку 5а, можно увидеть, что полюса N S сдвинулись на одну вторую окружности кольца. В ходе следующего полуоборота действия повторяются, как показано на рисунках с 6 по 8а.

Если посмотреть на схемы, становится ясно, что в ходе одного оборота якоря полюса кольца сдвигаются один раз по его окружности, а каждый оборот вызывая те же эффекты, в результате быстрое вращение полюсов согласуется с вращением якоря. Если соединения любой из обмоток на кольце поменять на обратные, сдвиг полюсов будет происходить

в обратном направлении, но действие будет точно тем же самым. Вместо того, чтобы использовать четыре провода, с тем же эффектом можно использовать три провода, из которых один является общим обратным проводом для обеих цепей.

Это вращение или верчение полюсов проявляет себя в целой серии любопытных явлений. Если аккуратно укрепленный на оси диск из стали или другого магнитного металла приблизить к кольцу, он приходит в быстрое вращение, при этом направление вращения меняется от положения диска. Например, если в снаружи кольца он будет вращаться в одну сторону, то внутри кольца направление вращения сменится на обратное, но при этом направление не

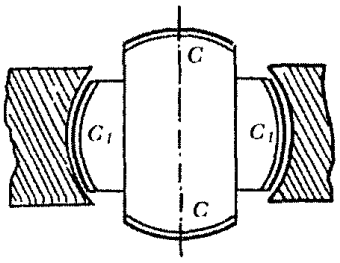


Рис. 5.

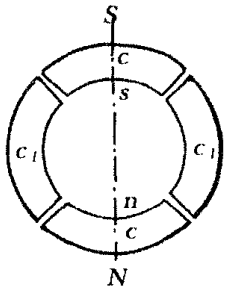


Рис. 5а.

будет меняться, если его поместить в положение, симметричное кольцу. Это объясняется просто. Каждый раз, когда полюс приближается, он индуцирует противоположный полюс в ближайшей точке диска, и в этой точке образуется притягивание; благодаря этому, по мере того, как полюс двигается, удаляясь от диска, на него действует тангенциальное тянущее усилие, и когда это действие повторяется постоянно, в результате возникает более или менее быстрое вращение диска. Поскольку тянущее усилие действует главным образом на ту часть, которая ближе всего к кольцу, вращение снаружи и внутри, или справа и слева, соответственно, происходит в противоположных направлениях, рисунок 9. При расположении симметрично кольцу, усилия на противоположных сторонах диска одинаковы, и вращения нет. Воздействие основано на магнитной инерции железа; по этой причине на диск из твердой стали воздействие гораздо более сильное, чем на диск из мягкого железа, так как последнее способно к очень быстрым изменениям магнетизма. Такой диск оказался очень полезным инструментом во всех этих исследованиях, поскольку он позволил мне обнаруживать любую нерегулярность работы.

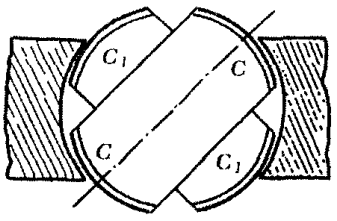


Рис. 6.

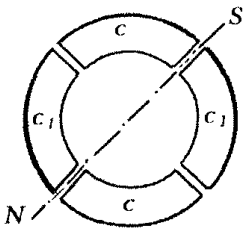


Рис. 6а.

Любопытный эффект также оказывается на железные опилки. Если поместить некоторое их количество на бумагу и держать ее с внешней стороны достаточно близко к кольцу, они приходят в вибрирующее движение, оставаясь на месте, хотя бумагу можно двигать туда и сюда; но при подъеме бумаги на определенную высоту, которая как представляется, зависит от интенсивности полюсов и скорости вращения, их сбрасывает в направлении всегда противоположном воображаемому вращению полюсов. Если бумагу с опилками положить горизонтально на кольцо и внезапно включить ток, легко можно наблюдать наличие магнитного верчения.

Чтобы продемонстрировать полное сходство между кольцом и вращающимся магнитом, за счет механической энергии вращался сильный электромагнит, и наблюдались явления, идентичные вышеупомянутым во всех деталях.

Очевидно, вращение полюсов производит соответствующие индуктивные воздействия и может использоваться для генерации токов в замкнутом проводнике, помещенном в области действия полюсов. Для этой цели удобно обмотать кольцо двумя множествами наложенных друг на друга обмоток, образующих соответственно первичную и вторичную цепи, как показано на рисунку 10. Чтобы обеспечить получение наиболее экономичных результатов, магнитные цепи должны быть полностью закрыты, и имея это в виду, можно менять конструкцию как угодно.

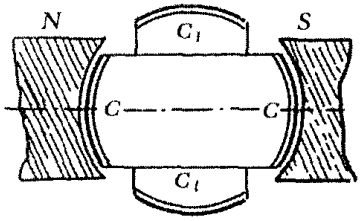


Рис. 7.

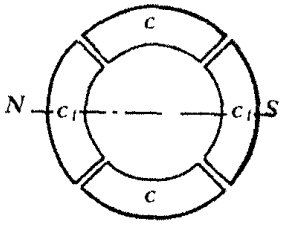


Рис. 7а.

Индуктивный эффект, воздействующий на вторичные обмотки, будет главным образом обусловлен смещением или движение магнитного действия; но могут также существовать и токи, наведенные в обмотках вследствие изменений интенсивности полюсов. Тем не менее, если правильно спроектировать генератор и определить магнитное воздействие первичных обмоток, последнюю составляющую можно заставить исчезнуть. Если поддерживать интенсивность полюсов постоянной, работа прибора будет безупречной, и можно будет получить такой же результат, как если бы смещение производилось посредством коммутатора с бесконечным числом полос. В этом случае теоретическое отношение между возбуждающим воздействием каждого множества первичных обмоток и их результирующим магнитным воздействием можно выразить уравнением круга, центр которого совпадает с центром

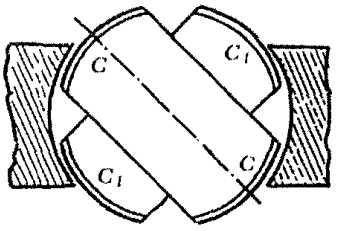


Рис. 8.

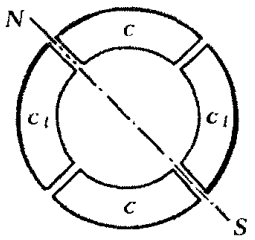


Рис. 8а.

ортогональной системы осей, в котором радиус представляет собой равнодействующую и координаты обе ее компоненты. Тогда это будут, соответственно, синус и косинус угла α между радиусом и одной из осей $(0\ X)$. Следуя рисунку 1, имеем $r^2 = x^2 + y^2$, где $x = cos\ \alpha$, а $y = sin\ \alpha$.

Полагая магнитное воздействие каждого множества обмоток пропорциональным току — что можно допустить при слабом намагничивании, — получаем тогда $x = Kc$ и $y = Kc^1$ где K — константа, а c и c^1 токи в обоих множествах обмоток, соответственно. Далее, полагая, что поле генератора постоянное, имеем постоянную скорость $c^1 = K^1 sin\ \alpha$ и $c = K^1 sin\ (90^0 +) = K^1 cos\ \alpha$, где K^1 — константа. См. рисунок 12.

Таким образом, $x = Kc = K\,K^1 cos\ \alpha;$

$y = Kc^1 = K\,K^1 sin\ \alpha$, и

$KK^1 = r.$

То есть, для постоянного поля расположение двух обмоток под прямыми углами даст теоретический результат, и интенсивность смещения полюсов будет постоянной. Но из $r^2 = x^2 + y^2$ следует, что при $y = 0$, $r = x$; следовательно, суммарное магнитное воздействие обоих множеств обмоток должно быть равно воздействию одного множества при его максимуме. В трансформаторах и определенном классе моторов флюктуации полюсов не имеют особой важности, но в другом классе этих моторов желательно добиться теоретического результата.

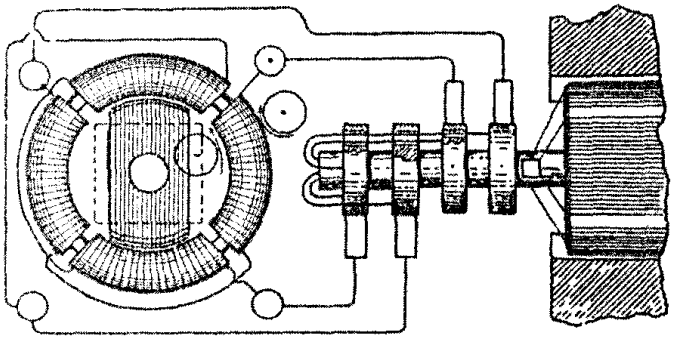


Рис. 9.

В результате применения этого принципа к конструкции моторов были построены два типичных вида моторов. Первый, вид со сравнительно малым вращающим усилием на старте, но поддерживающий постоянную скорость при любых нагрузках, это мотор, названный синхронным. Второй, вид, демонстрирующий огромное вращательное усилие на старте, скорость его находится в зависимости от нагрузки. Эти моторы могут приводиться в действие тремя различными путями: 1. Только от переменных токов источника. 2. Комбинированным воздействием их и индуцированных токов. 3. Совместным воздействием переменных и постоянных токов.

Простейший вид синхронного мотора получается при обматывании листового кольца с полярными выступами четыремя обмотками и подключением их тем же способом, что и описанный выше. Железный диск с вырезанным сегментом с каждой стороны можно использовать в качестве якоря. Такой мотор показан на рисунку 9. Если диск устанавливается так, чтобы он мог свободно вращаться внутри кольца близко к выступам, очевидно, что когда полюса смещаются, он будет, благодаря его стремлению находиться в таком положении, чтобы охватывать наибольшее количество линий силы, тесно следовать движению полюсов, и его движение будет синхронным с движением якоря генератора; то есть, это так в таком конкретном расположении, показанном на рисунку 9, когда якорь за один оборот производит два импульса тока в каждой из своих цепей. Очевидно, что если за один оборот якоря генерируется большее число импульсов, скорость мотора соответственно возрастет. Из того, что притягивание, действующее на диск, наибольшее, когда он находится вблизи полюсов, следует, что такой мотор будет сохранять в точности одну и ту же скорость при всех нагрузках в пределах его мощности.

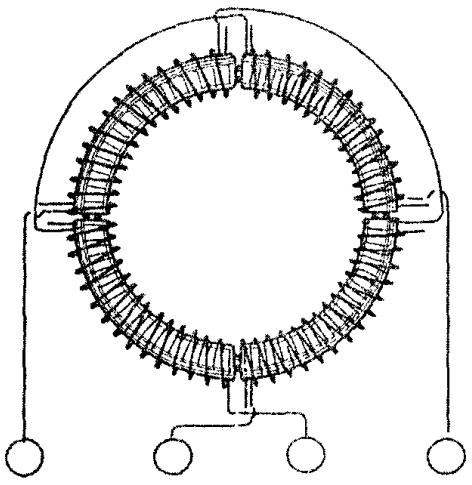


Рис. 10.

Чтобы способствовать запуску на старте, диск можно снабдить обмоткой, замкнутой на себя. Преимущество, даваемое такой обмоткой, очевидно. На старте токи, возникающие в обмотке, сильно возбуждают диск и увеличивают притяжение, действующее на него со стороны кольца, и благодаря токам, генерируемым в обмотке, пока скорость якоря много меньше скорости полюсов, мотор может выполнить заметную работу даже если скорость ниже нормальной. При постоянной интенсивности полюсов, когда мотор вращается со своей нормальной скоростью, в обмотке никакие токи не генерируются.

Вместо того, чтобы замыкать катушку на себя, ее концы можно соединить с двумя изолированными скользящими кольцами, и подать постоянный ток от подходящего генератора. Хороший способ запустить такой мотор — это замкнуть катушку на себя до достижения нормальной скорости, или около того, а затем переключить на постоянный ток. Если диск возбуждается постоянным током очень сильно, мотор может не смочь стартовать, но если бы он возбуждался слабо, или вообще так, что магнитное воздействия кольца было бы преобладающим, он запустится и достигнет нормальной скорости. Такой мотор будет сохранять абсолютно ту же самую скорость при всех нагрузках. Также замечено, что если движущей силы генератора недостаточно, соотносясь с мотором скорость генератора уменьшается синхронно со скоростью мотора. Отличительное свойство этого вида моторов, что его нельзя реверсировать за счет реверсирования постоянного тока через обмотку.

Синхронность этих моторов можно продемонстрировать многими путями экспериментально. Для этой цели самое лучшее использовать мотор, состоящий из магнит с постоянным полем и якорь, устроенный так, чтобы вращаться внутри него, как показано на рисунку 13. В этом случае смещение полюсов якоря вызывает вращение последнего в обратном направлении. Отсюда вытекает, что когда достигается нормальная скорость, полюса якоря принимают фиксированное положение относительно поля магнита, и он намагничивается

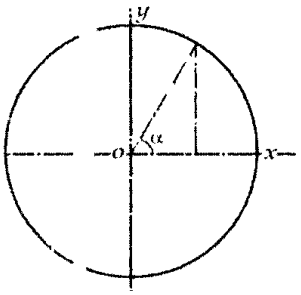


Рис. 11.

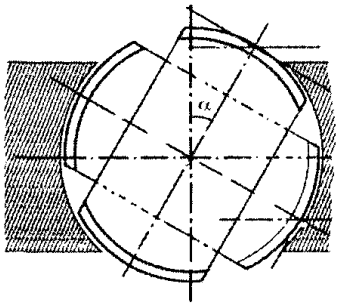


Рис. 12.

индукцией, образуя отдельный полюс на каждом из полюсных наконечников. Если в магните применить наконечник из мягкого железа, он на старте будет притягиваться с быстрым вибрирующим движением, вызванным обращениями полюсов магнита, на когда скорость якоря возрастает, вибрации становятся все менее и менее частыми и наконец совсем исчезают. Тогда железо притягивается слабо, но постоянно, указывая, что синхронность достигнута, и возбуждающий магнит возбуждается индукцией.

Диск можно также использовать для эксперимента. Если держать его близко к якорю, он будет вращаться до тех пор, пока скорость вращения полюсов будет превышать скорость вращения якоря; но когда будет достигнута нормальная скорость, или около того, он перестает вращаться и постоянно притягивается. Грубый но показательный эксперимент проделывается с лампой накаливания. Если поместить лампу в цепь с генератором постоянного тока, и последовательно с магнитной обмоткой, то наблюдаются быстрые флюктуации света вследствие индуцированных токов, возникающих в обмотке на старте; когда скорость возрастает, флюктуации появляются с более долгими интервалами, пока не исчезают полностью, указывая, что мотор достиг своей нормальной скорости.

Телефонный приемник оказывается самым чувствительным инструментов; когда он подключается к любой цепи мотора, синхронизация легко обнаруживается по исчезновению индуцированных токов.

В моторах синхронного типа желательно поддерживать количество смещающего магнетизма постоянным, особенно если магниты не подразделены как следует.

Как в этих моторах получить вращательное усилие было предметом долгих раздумий. Чтобы получить этот результат, было нужно так все расположить, чтобы пока полюса одного

элемента мотора смещаются переменными токами источника, полюса, получаемые от другого элемента, должны все время находиться в правильном отношении к первым, безотносительно к скорости мотора. Такие условия присутствуют в моторе постоянного тока; но в синхронном моторе, таком как описанный выше, эти условия достигаются, только при нормальной скорости.

Цель была достигнута, когда внутрь кольца был помещен соответствующим образом подразделенный железный сердечник, обмотанный несколькими независимыми обмотками,

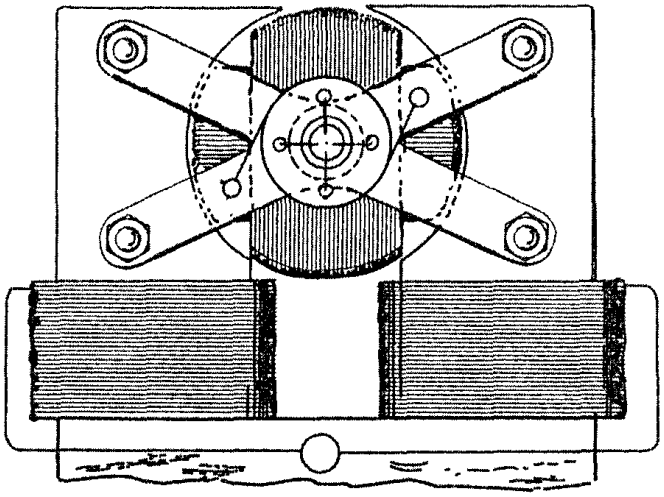


Рис. 13.

замкнутыми на себя. Двух обмоток под прямыми углами на рисунке 14 достаточно, но лучше использовать большее их число. Из этого расположения и следует, что когда полюса кольца смещаются, в замкнутых обмотках якоря генерируются токи. Эти токи наиболее интенсивны в или около точек с наибольшей плотностью линий силы, и в результате они дают полюса на якоре под прямыми углами к полюсам на кольце, по крайней мере в теории это так; и поскольку действие полностью независимо от скорости — то есть, в плане рассмотрения положений полюсов, — на окружность якоря действует постоянное тянущее усилие. Во многом эти моторы похожи на моторы постоянного тока. Если прилагается нагрузка, скорость, а также сопротивление мотора, уменьшается, и через возбуждающие обмотки течет больше тока, таким образом увеличивая усилие. Когда нагрузка удаляется, возрастает противодействующая электродвижущая сила, и через первичные, или возбуждающие, катушки течет меньше тока. Когда нагрузки нет, скорость очень близка к скорости смещения полюсов возбуждающего магнита.

Как будет показано, вращательное усилие этих моторов и моторов постоянного тока полностью эквивалентны. Усилие наибольшее, когда и якорь и возбуждающий магнит не имеют никаких выступов; но даже в такой схеме поле не может быть очень концентрированным, и вероятно наилучшие результаты будут получаться, если оставлять полярные выступы только на одном из этих элементов. В целом, можно утверждать, что выступы уменьшают вращающий момент и вызывают тенденцию к синхронности.

Характерная особенность моторов этого вида — это их способность очень быстро реверсироваться. Это следует из специфики действия мотора. Допустим, якорь вращается, и направление вращения полюсов меняется на обратное. Тогда аппарат превращается в динамо машину, и энергия, приводящая эту машину в движение, — это запасенная кинетическая энергия якоря, а скорость — сумма скоростей якоря и полюсов. Если мы теперь учтем, что мощность, чтобы приводить такое динамо в действие, будет очень близко пропорциональна третьей степени скорости, то уже только по этой причине якорь должен реверсировать очень быстро. Но одновременно с разворотом начинает действовать еще одна составляющая, а именно, когда движение полюсов относительно якоря обращается в противоположную

сторону, мотор действует как трансформатор, в котором сопротивление вторичной цепи ненормально уменьшено за счет возникновения в этой цепи дополнительной электродвижущей силы. В силу этих причин разворот мгновенный.

Желательно обеспечить постоянную скорость, и в тоже время определенное усилие на старте. Это легко достигается многими путями. Например, на одном валу можно укрепить два якоря, один для крутящего момента, второй для синхронизации, и любой из них сделать преимущественным, или же на якорь намотать так, чтобы получить вращательное усилие, но более или менее выраженную тенденцию к синхронизации может ему придавать правильная конструкция железного сердечника; и многими другими путями.

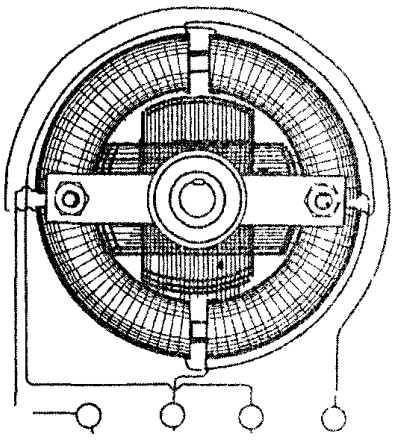


Рис. 14.

Для получения требуемой фазы токов в первичной и во вторичной цепях самым простым является расположение с двумя обмотками под прямыми углами, это дает наиболее постоянное действие; но фазу можно получить и многими другими путями, в зависимости от того, какая машины используется. Для этой цели легко приспосабливаются любые из применяемых сейчас динамо путем подключения к нужным точкам генерирующих обмоток. В якорях с замкнутыми обмотками, таких, как применяются в системах постоянного тока, лучше всего сделать четыре ответвления от равноудаленных точек или пластин коммутатора, и подсоединить их к четырем изолированным скользящим кольцам на валу. В этом случае каждая из цепей мотора получается подключенной к двум диаметрально противоположным полосам коммутатора. При таком расположении мотор может также приводиться в действие от половины потенциала и по трехпроводной схеме, путем подключения цепей мотора в нужном порядке к трем из контактных колец.

В многополярных динамо машинах, какие применяются в конвертерных системах, фаза легко получается с помощью намотки на якорь двух последовательностей обмоток таким образом, чтобы когда обмотки в одном множестве или последовательности находятся в их максимуме генерации тока, обмотки в другом будут в своем нейтральном положении, или около него, таким образом оба множества обмоток могут подвергаться индуцирующему действию возбуждающих магнитов одновременно или последовательно.

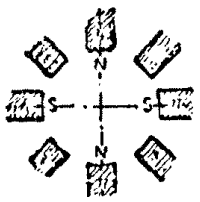


Рис. 15.



Рис. 16.

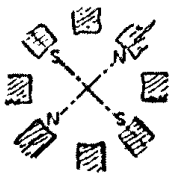


Рис. 17.

В целом, цепи в моторе будут располагаться сходным образом, и для достижения требований могут применяться разные компоновки; но самая простая и самая практичная — это разместить первичные цепи на стационарных частях мотора, избегая таким образом, по крайней мере в определенных видах, скользящих контактов. В этом случае магнитные обмотки соединяются попеременно в обеих цепях; то есть, 1, 3, 5... в одной и 2, 4, 6... в другой, и обмотки в каждом множестве последовательностей можно соединять тем же образом, или попеременно противоположно; в последнем случае получится мотор с половинным числом полюсов, и его действие поменяется соответствующим образом. На рисунках 15, 16 и 17

показаны три разные фазы, при этом магнитные обмотки в каждой цепи соединены попеременно в противоположном порядке. В данном случае будет всегда четыре полюса, как на рисунках 15 и 17, четыре полярных выступа будут нейтральными, и на рисунке 16 два соседних полярных выступа будут иметь одинаковую полярность. Если обмотки соединены одинаковым образом, то будет восемь переменных полюсов, отмеченных буквами *n's'* на рис. 15.

Применение многополярных моторов дает в этой системе преимущество, столь желанное и при этом недостижимое в системах постоянного тока, и состоит оно в том, что мотор можно заставить работать на заранее установленной скорости безотносительно к несовершенству конструкции, нагрузке, и, в определенных пределах, электродвижущей силе и силе тока.

В обычной системе питания этого вида следует применять следующий план. На центральной подающей станции должен быть установлен генератор с достаточным количеством полюсов. Моторы, работающие от этого генератора, должны быть синхронного типа, но дающие достаточное вращательное усилие для обеспечения их запуска. Если в конструкции соблюсти надлежащие правила, можно добиться того, что скорость каждого мотора будет в определенной обратной пропорции к его размеру, и число полюсов должно выбираться соответственно. Для специальных нужд это правило может меняться. Ввиду этого будет выгодно снабдить каждый мотор большим числом полярных выступов или обмоток, так чтобы их число было желательно кратно двум или трем. Таким способом, просто меняя

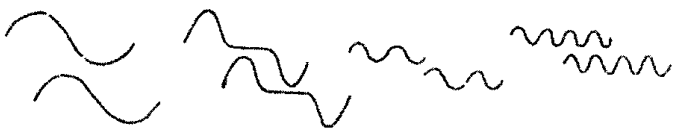


Рис. 18. Рис. 19. Рис. 20. Рис. 21.

соединения обмоток, мотор можно приспособить к любым возможным нуждам.

Если число полюсов в моторе четное, его работа будет согласованной и можно достичь нужного результата; если это не так, то лучший подход, это сделать мотор с двойным количеством полюсов и соединить их тем же образом, как указывалось выше, так чтобы получилось половинное количество полюсов. Предположим, например, что у генератора двенадцать полюсов, и нужно получить скорость, равную $^{12}/_{7}$ скорости генератора. Для этого требуется мотор с семью полярными выступами или магнитами, и в таком моторе нельзя правильным образом соединить цепи, если не сделать четырнадцать якорных обмоток, что необходимо повлечет использование скользящих контактов. Чтобы этого избежать, мотор следует снабдить четырнадцатью магнитами, семь соединены в каждую цепь, и магниты в каждой цепи чередуются друг с другом. Якорь должен иметь четырнадцать замкнутых обмоток. Работа такого мотора не будет столь же хорошей, как при четном количестве полюсов, но недостаток этот серьезным не будет.При этом, вред от этой несимметричной формы будет уменьшаться пропорционально числу добавленных полюсов.

Если у генератора, скажем, n, а у мотора n_1 полюсов, то скорость такого мотора будет равна скорости генератора, помноженной на n/n_1.

Скорость мотора будет в целом зависеть он числа полюсов, но из этого правила могут быть исключения. Скорость может меняться за счет фазы токов в цепях, или за счет характера импульсов тока, или из-за интервалов между каждыми импульсами или их группами. Некоторые из возможных случаев приведены на схемах, рисунки 18, 19 и 20, которые не требуют объяснений. На рисунку 18 показаны условия, которые присутствуют обычно и обеспечивают самый лучший результат. В этом случае, если применяется типичный вид мотора, показанный на рисунке 9, одна полная волна в каждой цепи будет производить один оборот мотора. На рисунке 19 то же будет происходить в результате одной волны в каждой

цепи, если импульсы последовательные; на рисунке 20 четыремя, а на рисунке 21 — восемью волнами.

Теми же способами можно получить любую нужную скорость; то есть, по крайней мере, в рамках практических потребностей. Данная система обладает этим преимуществом помимо других, вытекающих из ее простоты. При полных нагрузках моторы имеют точно такую же эффективность, как и моторы постоянного тока. Трансформаторы дают дополнительный выигрыш за счет их способности питать моторы. В их конструкции могут делаться аналогичные изменения, тем самым способствуя введение моторов и их приспособление к практическим нуждам. Их эффективность должна быть выше, чем у сегодняшних трансформаторов, и основываюсь в этом утверждении на следующем:

В тех трансформаторах, которые делаются сегодня, мы получаем токи во вторичной цепи путем варьирования силы первичных или возбуждающих токов. Если мы допустим пропорциональность относительно железного сердечника, то индуктивный эффект, который испытывает вторичная обмотка, будет пропорционален числовой сумме вариаций силы возбуждающего тока за единицу времени. Отсюда следует, что при данной вариации любая продолжительность первичного тока будет давать пропорциональную потерю. Чтобы получить быстрые вариации в силе тока, что важно для эффективной индукции, используется большое число ондуляций. Из этого проистекают практические недостатки. Так, например, возрастает стоимость и падает эффективность генератора, теряется больше энергии на нагрев сердечников, также падает выход трансформатора, поскольку сердечник не используется должным образом, и развороты происходят слишком быстро. Индуктивный эффект также очень слаб в определенных фазах, что будет видно из графического представления, и могут возникать периоды бездействия, если между последовательными импульсами тока или волнами есть интервалы. При получении смещения полюсов трансформатора, а значит и при индуцировании токов, индукция идеальная, потому что все время находится в максимуме своего действия. Также оправданно предполагать, что при смещении полюсов будет теряться меньше энергии, чем при разворотах.

ОБСУЖДЕНИЯ

М-р Мартин — Профессор Энтони, я уверен, находится здесь, и поскольку он уделил данному предмету определенное внимание, я думаю, он мог бы должным образом дополнить статью М-ра Теслы некоторыми замечаниями.

М-ра Тесла — Я хочу еще раз выразить мою глубокую благодарность Профессору Энтони за всестороннюю помощь мне, и надеюсь, что он сможет объяснить многие из особенностей этой системы, которые я не смог объяснить сейчас.

Профессор Энтони — М-р Президент и Джентльмены: обо мне упомянули, что я имел определенное дело с этими видами моторов. Я очень рад, что могу добавить свои показания к тому, что М-р Тесла уже сообщил вам относительно их работы, и я признаюсь, когда я первый раз наблюдал их действие, оно показалось мне чрезвычайно примечательным. После моего первого визита в мастерские М-ра Теслы, некоторые моторы, я думаю, именно эти два, которые вы видите на столе, перенесли ко мне, чтобы я провел некоторые испытания их эффективности, и это вероятно вас заинтересует в данном вопросе больше всего остального, что я мог бы сказать. Извиняюсь, но я не принес с собой точные цифры, которые мы получили, но могу привести некоторые из результатов по памяти. Этот небольшой мотор, который вы видите, давал у нас около половины лошадиной силы, и давал эффективность немного больше пятидесяти процентов, что я счел очень хорошей эффективностью для мотора такого размера, поскольку мы не можем ожидать получить на таких маленьких моторах ту же эффективность, как на больших. Это, я уверен, якорь, который М-р Тесла называет якорем для высокого вращательного усилия. Этот маленький шкив, который всего около трех дюймов в диаметре, тянет что-то около пятидесяти фунтов, насколько я помню, при включении тока, так что как видите, вращательное усилие весьма значительное, и это также проявляется в быстроте, с которой якорь меняет разворачивает свое движение при обращении отношения двух токов, которые проходят через две противоположные обмотки. Это можно сделать переместив два провода, или просто передвинув реверсивный переключатель в одной из цепей, и якорь остановится и начнет двигаться в обратную сторону так быстро, что почти невозможно сказать, когда же разворот произошел. Это показывает, насколько значительное вращательное усилие демонстрирует этот якорь. Этот мотор (имеется

в виду второй экземпляр) давал у нас, я думаю, около $1\,^3/_4$ л.с., и показал еще большую эффективность, чем другой — чуть-чуть больше шестидесяти процентов. Он работает, с якорем, сконструированным как здесь, почти со скоростью генератора даже под очень тяжелой нагрузкой. Когда нагрузку доводили до максимальной, где эффективность начинает несколько спадать, скорость вращения уменьшалась. Насколько я сейчас помню, она уменьшалась примерно до двадцати восьми тысяч, и видите, под большой нагрузкой скорость сохранялась очень близкой к скорости генератора.

Я мало что могу добавить к тому, что М-р Тесла уже сообщил вам относительно этих моторов. Я нисколько не сомневаюсь, что всем из вам было бы очень интересно, как мне когда-то, посмотреть, как они работают. Это в самом деле лучший способ определить, что дадут моторы.

М-р Тесла — М-р Президент и Джентльмены: Профессор Энтони только что сделал замечание, что скорость этого мотора падала когда нагрузку увеличивали. Это было обусловлено тем фактом, что этот якорь был сделан так, чтобы обеспечивать хорошее усилие со старта. Но если мы сделаем якорь, который предназначается только для синхронности, скорость всегда будет одной и той же, не важно при какой нагрузке; будет только тот недостаток, что на старте вращающее усилие будет настолько маленьким, что он может и не запуститься. Он обычно запускается, если его поставить в нужное положение, но если в его в нужное положение не ставить, он может не стартовать. Если мы используем якорь, состоящий из выточенного из стальной болванки, с обмоткой, он будет сохранять свою скорость при всех нагрузках. Важность поддержания интенсивности полюсов постоянной в том, что если этого добиться, то мы можем использовать, вместо подразделенного якоря, обычную стальную болванку с тем же результатом. Желательно только закрыть магнитное поле. Вы легко можете видеть, когда полюса фиксированы, что не нужно подразделять якорь, если интенсивность силы постоянно поддерживается одинаковой. Но если интенсивность силы не поддерживается постоянно одинаковой, то нужно подразделять, и в целом в полученных мною результатах я обнаружил, что нужно подразделять. Я также нахожу, что результаты, полученные в испытаниях Профессора Энтони, были превосходны. Я отношу это на тот факт, что у динамо было мощное поле и маленький якорь, и поле было очень концентрированным, и возможно по этой причине результат был близок к теоретическому.

Профессор Томпсон — меня очень заинтересовало описание, которое М-р Тесла дал своему новому и замечательному маленькому мотору. Я, если вам будет интересно узнать, работал примерно в тех же направлениях и в сторону тех же целей. В испытаниях, которые я провел, применялась одна цепь переменного тока — не двойная переменная цепь — одна цепь, питающая мотор, сконструированный так, чтобы использовать переменность и получить вращение. Я провел, после последней ежегодной встречи Института, разработку и усовершенствование, насколько позволило мое время, якоря с замкнутой цепью — если мы можем его так назвать, — в переменном поле. То есть, схему, которую я применил и которую я представил Институту в прошлом году, состоящую в том, чтобы сделать слоистое поле и в это поле поместить якорь, тоже слоистый, намотав на якорь обмотку, которая периодически замыкается накоротко с помощью коммутатора или устройства замыкания цепи в процессе вращения. Я сделал несколько таких моторов различной конструкции, и они неизменно стартовали из состояния покоя и развивали мощность, и некоторые из них демонстрировали, при скоростях, близких к частоте перемен динамо, тенденцию к синхронности. Их вращательное усилие в большинстве случаев немного больше в районе этой точки, чем в других точках. Я надеюсь в некотором не очень далеком времени представить большинство из этих результатов вниманию Института, и поэтому я пока откладываю дальнейшие замечания касательно мотора этой конструкции. Я безусловно думаю, что у переменных моторов есть перспектива, и несомненно есть возможность получить моторы, которые обладают даже еще бо́льшими преимуществами перед моторами постоянного тока.

М-р Тесла — Джентльмены, Я желаю сказать, что показания такого человека, как Профессор Томпсон, стоящий в своей профессии на первом месте, очень сильно мне льстят. Я мог бы сказать, что работал в одном направлении с Профессором Томпсоном в тот период времени, когда изобретение Профессора Томпсона было мне неизвестно. У меня был такой же мотор, как и у Профессора Томпсона, но он меня опередил. Я уверен, что хотя этот специфический вид мотора и имеет тот недостаток, что надо использовать пару щеток для замыкания цепи якорной обмотки, такой вид моторов можно сделать пригодным к практическому использованию по той простой причине, что этот мотор представляет собой трансформатор, а такой трансформатор, как мы хорошо знаем, можно довести до очень высокой эффективности. С другой стороны, якорь можно снабдить проводниками с достаточно низким сопротивлением, и это простой способ сделать отличное устройство для замыкания цепи. Вы увидите преимущество этого решения с замкнутой цепью обмотки — в том, что это действие всегда поддерживается на максимуме, и это на самом деле более совершенно, чем когда полярности смещаются посредством коммутатора.

ТЕСЛА ОТВЕЧАЕТ Д-РУ ЛУИСУ ДАНКАНУ, ОБЪЯСНЯЯ СВОЙ МОТОР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Редактору Electrical Review:

В Вашем издании за прошлую неделю я обратил внимание на то, что М-р Данкан ссылается на мою систему моторов переменного тока.

Поскольку я вижу, что Д-р Данкан еще не знаком с настоящей особенностью моего изобретения, я не могу рассматривать его статью в свете серьезной критики, и думаю, что отвечать необязательно; но желая выразить ему

свой взгляд и ту важность, которую я придаю его мнению, я кратко укажу на отличительные особенности моего изобретения, насколько они имеют прямое отношение к статье, упомянутой выше.

Принцип действия моего мотора легко можно понять из следующего:

При выполненном надлежащим образом пропускании переменных токов через независимые возбуждающие обмотки в моторе получается прогрессивное смещение, или вращение, его полюсов. Смещение более или менее непрерывное, в зависимости от конструкции мотора, и характера и относительной фазы применяемых токов, и я указывал теоретические условия, которые должны присутствовать, чтобы обеспечить наилучшее действие.

Если слоистое кольцо намотать четыремя обмотками, и подсоединить их в нужном порядке к двум независимым цепям генератора переменного тока, приспособленного для данной цели, то прохождение токов через обмотки теоретически вызовет вращение полюсов кольца, и в реальной практике в ходе серии экспериментов я продемонстрировал полную аналогию между таким кольцом и вращающимся магнитом. Применение этого принципа к работе моторов дает два вида моторов с сильно различными свойствами, один приспособленный для постоянной нагрузки, а другой для переменной. Ошибочное понимание Д-ра Данкана вызвано тем фактом, что ярко выраженные особенности каждого из этих двух типов не были специально сформулированы. В качестве иллюстрации представителя второго класса, я ссылаюсь на Рис. 1 на странице 1 Electrical Rreview за 12-е Мая. В данном случае, якорь мотора снабжен двумя обмотками под прямыми углами. Потому что требуется симметричное расположение обмоток относительно полюсов. Я буду предполагать, что якорь имеет большое количество диаметрально намотанных обмоток или замкнутых на себя проводников, и образующих много независимых цепей. Давайте теперь предположим, что кольцо постоянно намагничено так, что образует два полюса (N и S) в двух диаметрально противоположных точках, и что оно вращается от механической энергии. Когда якорь находится в покое, вращение кольцевого магнита будет вызывать токи в замкнутых цепях якоря. Эти токи будут наиболее интенсивны в точках наибольшей плотности силы или вблизи их, и они будут образовывать полюса на якорном сердечнике под прямыми углами к полюсам кольца. Конечно, есть и другие элементы, принимающие участие в работе, которые будут стремиться это изменить, но в данный момент их можно не учитывать. Если рассматривать расположение полюсов на якорном сердечнике, токи, генерируемые в якорных обмотках, всегда будут действовать одинаковым образом и будут постоянно поддерживать полюса сердечника в том же положении, относительно полюсов кольца при любом положении его, и независимо от скорости. В результате притяжения между сердечником и кольцом возникает непрерывное вращающее усилие, постоянное во всех положениях, такое же, как в моторе постоянного тока с большим числом якорных обмоток. Если якорю позволить поворачиваться, он будет вращаться в направлении вращения кольцевого магнита, и индуцированные токи будут уменьшаться с увеличением скорости, до тех пор, пока якорь не достигнет скорости, очень близкой к скорости магнита, когда через обмотки будет течь только количество тока, достаточное, чтобы поддерживать вращение. Если вместо того, чтобы вращать кольцо посредством механической энергии, его полюса будут смещаться за счет действия переменных токов в двух цепях, получиться тот же результат.

Теперь сравним эту систему с системой постоянного тока. В последнем случае мы имеем переменные токи в генераторе и обмотках мотора, и промежуточное устройство для коммутации токов, которое в моторе автоматически выполняет прогрессивное смещение полюсов якоря; здесь мы имеем те же элементы и в точности то же действие, но без коммутирующих устройств. Учитывая тот факт, что эти устройства совершенно ненужны для работы, такая система переменного тока будет — по крайней мере во многих отношениях, — демонстрировать полное сходство с системой постоянного ток, и мотор будет действовать в точности как мотор постоянного тока. Если прилагается нагрузка, то скорость уменьшается, и вращающее усилие соответственно возрастает, и больше токи протекает через возбуждающие обмотки; когда нагрузку убирают, скорость возрастает, и ток, а соответственно и усилие, падает. Усилие, конечно же, является наибольшим, когда якорь находится в покое.

Но раз уж аналогия закончена, то как насчет максимальной эффективности и прохождения токов через цепи, когда мотор работает без нагрузки, может спросить кто-то? Надо помнить, что мы имеем дело с переменными токами. В этом виде мотор просто представляет собой трансформатор, в котором токи индуцируются динамическим действием вместо изменения их направления, и как можно было бы ожидать, эффективность будет максимальной при полной нагрузке. Что касается тока, то в его силе будет — по крайней мере, при соответствующих условиях, — такая же широкая вариация, как в трансформаторе, и при соблюдении определенных правил ее можно уменьшить до любой желаемой величины. Более того, ток, текущий через мотор, работающий на холостом ходу, несравним с поглощаемой энергией, поскольку приборы показывают только численную сумму прямой и индуцированной электродвижущих сил и токов, вместо того, чтобы показывать из разницу.

Что касается другого класса этих моторов, разработанных для постоянной скорости, возражения Д-ра Данкана в определенной мере применимы к некоторым конструкциям, но следует учитывать, что для таких моторов не планировалась их работа без какой-либо, или с очень слабой нагрузкой, и, если это так, они, если сконструированы правильно, не проявляют в этом отношении каких-либо больших недостатков, чем трансформаторы при тех же условиях. Кроме того, оба свойства, вращательное усилие и стремление к постоянной скорости, можно совместить в моторе, и отдать предпочтение любому из них, и таким образом можно получить мотор, имеющий любые нужные характеристики и способный удовлетворить любую практическую потребность.

В заключение, я отмечу, при всем уважении к Д-ру Данкану, что преимущества, на которые претендует моя система, это не просто предположения, но результаты, полученные реально, и что для этих целей в течение долгого

времени проводились эксперименты, и с тем рвением, которое мог придать лишь глубокий интерес к этому изобретению; тем не менее, хотя мой мотор — плод долгого труда и тщательного исследования, я не хочу претендовать на какую-либо другую награду, кроме той, что я изобрел, и я оставляю выяснение истинных законов этого принципа и наилучший способ его применения людям более компетентным, чем я сам. Каков будет результат этих исследований, покажет будущее; но каковы бы они ни были, и к чему бы ни привел этот принцип, я буду полностью вознагражден, если впоследствии будет признано, что я внес свою лепту, пусть и малую, в развитие науки.

НИКОЛА ТЕСЛА

Нью Йорк, 26-е Мая 1888.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ПЕРЕМЕННЫМИ ТОКАМИ ОЧЕНЬ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ К МЕТОДАМ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ*

Нет предмета более увлекательного, более достойного изучения, чем природа. Понять этот великий механизм, открыть действующие силы и законы, которые им управляют — вот высшая цель человеческого разума.

Природа хранит во вселенной бесконечную энергию. Вечный приемник и передатчик этой бесконечной энергии — эфир. Признание существования эфира, а также функций, которые он выполняет — вот один из важнейших результатов современных научных исследований. Один только отказ от идеи действия на расстоянии, предположение существования среды, заполняющей собой все пространство и связующей всю грубую материю, избавило умы мыслителей от извечного сомнения, и, открыв новые горизонты — новые непредвиденные возможности, — возродило живой интерес к давно знакомым нам явлениям. Это явилось великим шагом на пути понимания сил природы и их многообразного проявления перед нашими чувствами. Для просвещенного ученого физика это было тем же, что для варвара — понимание устройства огнестрельного оружия или парового двигателя. Явления, на которые мы привыкли смотреть как на некие чудеса, неподдающееся объяснению, теперь предстают перед нами в ином свете. Разряд индукционной катушки, свечение лампы накаливания, проявления механических сил электрических токов и магнитов — теперь уже не за пределами нашего понимания; наблюдение этих явлений теперь вместо непонимания наводит наш разум на мысли о простом механизме, и хотя о его доподлинной природе можно пока лишь строить догадки, все же мы знаем, что истина уже недолго будет сокрыта от нас, и инстинктивно чувствуем, как на нас понимание нисходит. Мы все так же восхищаемся этими красивыми явлениями, необыкновенными силами, но мы уже более не бессильны перед ними; мы можем в определенной мере объяснить их, и мы надеемся в конце концов разгадать эту тайну, которая окружает нас.

Насколько глубоко мы сможем постичь окружающий нас мир? Эта мысль волнует каждого исследователя природы. Несовершенство наших ощущений не дает нам понять невидимое строение материи, и астрономия — эта величайшая и точнейшая из естественных наук, может лишь описывать происходящее непосредственно рядом с нами; мы ничего не знаем о далеких уголках безграничной вселенной, с её бесчисленными звездами и светилами. Но сила духа может вести нас далеко за пределы восприятия наших чувств, и мы можем надеяться, что даже эти неизвестные миры — безгранично маленькие и большие — в определенной мере откроются нам. И все равно, даже если бы достигли этих знаний, пытливый ум нашел бы препятствие, возможно, непреодолимое совершенно, к истинному пониманию того, что кажется существующим, только лишь видимость чего и есть единственный и очень шаткий фундамент всей нашей философии.

Из всех форм неизмеримой, всепроникающей природной энергии, которая беспрестанно и постоянно меняется и движется, и подобно душе оживляет инертную вселенную, электричество и магнетизм являются самыми пленительными. Действие гравитации, тепла и света мы наблюдаем ежедневно, быстро привыкаем к ним, и очень скоро они перестают удивлять и

---

* Лекция прочитана перед студентами американского института электротехники, в колледже Колумбия, Нью Йорк, 20 Мая, 1891 г.

восхищать нас; но электричество и магнетизм, с их загадочной взаимосвязью, с их, по-видимому, дуалистическим характером, уникальным среди всех сил природы, с их феноменами притяжений, отталкиваний и вращений, странными проявлениями таинственных агентов, возбуждают ум и стимулируют к размышлениям и исследованиям. Что есть электричество и что есть магнетизм? Эти вопросы задаются снова и снова. Над этой проблемой неустанно бились самые талантливые умы, но вопрос так пока и не получил полного ответа. Но хотя даже и сегодня мы не можем сформулировать, что же есть эти необычные силы, все же мы существенно продвинулись в направлении решения данной проблемы. Сейчас мы уверены в том, что электрическое явление и магнетизм являются составляющими эфира и, возможно, мы найдем доказательства утверждению, что действия статического электричества — это действие эфира под давлением, а явления динамического электричества и электромагнетизм — это действие эфира в движении. Но и это предположение не дает ответа на вопрос, — что же такое электричество и магнетизм.

Прежде всего, конечно же, выясним, Что такое электричество, и существует ли такая сущность, как электричество? Истолковывая электрические явления мы можем говорить об электричестве, или электрическом условии, состоянии или воздействии. Если мы говорим об электрических воздействиях, то мы должны различать два вида такого рода воздействий, противоположных по характеру и нейтрализующих друг друга, так как исследования показывают существование этих двух противоположных воздействий. И это неизбежно, т.к. в среде со свойствами эфира мы, не можем вызвать напряжение или произвести какое-либо перемещение или движение без того, чтобы не вызвать в окружающей среде равнозначное и противоположное действие. Но если мы говорим об электричестве, как о сущности, то мы должны, я полагаю, отказаться от идеи о существовании двух электричеств, поскольку существование двух таких сущностей крайне маловероятно. Возможно ли представить себе существование двух сущностей, равных друг другу по величине, похожих по свойствам, но противоположного характера, причем обе прилипают к материи, обе обладают притягиваются и полностью нейтрализуют друг друга? Подобное предположение, несмотря на то, что многие явления наводят на эту мысль, и что иногда очень удобно именно таким образом их объяснять, мало чем привлекает. Если есть такая сущность как электричество, то она может существовать только одна, и еще, возможно, ее избыток или недостаток; но более вероятно, что положительный и отрицательный признаки определяет ее состояние. Старая теория Франклина, хотя и имеющая недостатки в некоторых отношениях, с определенной точки зрения является наиболее правдоподобной. И все же, несмотря на все это, теория о существовании двух электричеств в целом принимается, т.к. она объясняет электрические явления наиболее удовлетворительно. Но теория, лучше всего объясняющая факты, совсем необязательно является верной. Искусные умы придумывают теорию, которая соответствует наблюдениям, и почти у каждого независимого мыслителя будет своя собственная точка зрения на предмет.

Моя цель не просто высказать мнение, мне хочется лучше познакомить вас, хотя бы коротко, с некоторыми результатами, которым я собираюсь описать, чтобы показать ход моих рассуждений, отправные точки, с которых я рискнул двинуться вперед, а также представить мнения и суждения, которые привели меня к этим результатам.

Я совершенно уверен в том, что существует сущность, которую мы привыкли называть электричеством. Вопрос в том, Что это за сущность? Или какую из всех сущностей, о существовании которых мы знаем, мы с наибольшими основаниями можем назвать электричеством? Мы знаем, что оно ведет себя, как не сжимающаяся жидкость; что в природе должно существовать его постоянное количество; что его нельзя ни создать, ни уничтожить; и что самое главное, электромагнитная теория света и все рассмотренные научные факты приводят нас к выводу о том, что явления электричества и эфира идентичны. Таким образом, сразу возникает мысль, что электричество может называться эфиром. На самом деле, эта идея в определенном смысле выдвигалась Доктором Лоджем. Его интересную работу прочли все, и многих его аргументы убедили. Высокая одаренность Доктора Лоджа и занимательная суть предмета очаровывают читателя; но когда спадает первое впечатление, читатель понимает, что

ему предложили не более чем оригинальные объяснения. Я должен признаться, что не могу поверить в два электричества и еще меньше верю я в существование "двойного" эфира. Загадочность поведения эфира, когда он ведет себя как твердое тело по отношению к волнам света и тепла и как жидкость по отношению к движению тел сквозь него, конечно, наиболее понятно и удовлетворительно объясняется, по предложению сэра Уильяма Томсона, тем, что он эфир находится в движении. Тем не менее, не взирая на это, не существует оснований, которые позволили бы нам уверенно заключить, что хотя жидкость не может передвать поперечные вибрации в нескольких сот или тысяч в секунду, она не сможет передавать подобные вибрации, если они будут в диапазое сотен миллиона миллионов в секунду. Также никто не может доказать и что есть поперечные волны эфира, испускаемые машиной переменного тока, дающей небольшое количество перемен в секунду; для таких медленных вибраций, эфир, если он находися в состоянии покоя, может вести себя как истинная жидкость.

Возвращаясь к нашему предмету, и не забывая о том, что существование двух электричеств по меньшей мере крайне маловероятно, мы должны помнить о том, что у нас нет никаких доказательств существования электричества, и мы не можем надеяться получить их, если нет грубой материи. Таким образом, электричество не может быть названо эфиром в широком смысле этого понятия; однако, ничто не может воспрепятствовать тому, чтобы назвать электричество эфиром, соединенным с материей, или связанным эфиром. Говоря другими словами, что так называемый статический заряд молекулы — это эфир, определенным образом соединенный с молекулой. Рассматривая предмет в этом свете, мы были бы вправе сказать, что электричество имеет отношение ко всем молекулярным [взаимо-] действиям.

Сейчас мы можем только строить догадки, что в точности есть эфир, окружающий молекулы, и чем он отличается от эфира вообще. Он не может отличаться по плотности, так как эфир несжимаем; поэтому он должен находиться под неким напряжением или в движении, и последнее наиболее вероятно. Для того, чтобы понять его функции, нужно точное представление о физическом строении материи, о чем мы, конечно же, можем составить только мысленный образ.

Но изо всех точек зрения на природу, только та, которая предполагает существование одной материи и одной силы, и совершенное единообразие во всем, является наиболее научной и с наибольшей вероятностью истинной. Бесконечно малый мир, с молекулами и их атомами, вращающимися и движущимися по орбитам, во многом подобно небесным телам, несущими с собой, а вероятно и вращающими вместе с собой, эфир, или другими словами, несущими с собой электростатические заряды, представляется мне наиболее вероятной точкой зрения, и такой, которая правдоподобным образом объясняет большинстов из наблюдаемых явлений. Вращение молекул и их эфира вызывает напряжения эфира или электростатические деформации; уравнивание напряжений эфира вызывает движения эфира или электрические токи, а орбитальные движения молекул производят действия электро- и постоянного магнетизма.

Около пятнадцати лет назад Профессор Рауланд продемонстрировал самый интересный и важный факт, а именно, что движущийся статический заряд порождат эффекты электрического тока. Опуская рассмотрение точной природы механизма, который производит притяжение и отталкивание токов, и представляя себе электростатически заряженные молекулы в движении, мы исходя из этого экспериментального факта можем получить ясное представление о магнетизме. Мы можем представить себе линии или трубки физически существующей силы, состоящие из рядов направленно движущихся молекул. Можно видеть, что эти линии должны быть замкнутыми, иметь тенденцию к сжатию и расширению и т.п.. Это также разумно объясняет самое загадочное из всех явлений — постоянный магнетизм, и в целом обладает всеми достоинствами теории Ампера не имея при этом ее рокового недостатка, а именно, предположения о молекулярных токах. Не вдаваясь далее в этот предмет, мне бы хотелось сказать, что я рассматриваю все явления: электростатическое, ток и магнетическое, как существующие благодаря электростатическим молекулярным силам.

Вышеизложенные замечания я полагаю необходимыми для полного понимания предмета в том виде, как он представляется мне.

Из всех этих явлений самым важным для изучения является явление тока, потому что уже сегодня применение потоков в промышленных целях широко распространено и быстро растет. После создания первого практического источника тока прошло сто лет, и все это время явления, которые сопровождает течение токов, тщательно изучалось; и благодаря неустанным усилиям ученых мужей были открыты простые законы, которые управляют этими явлениями. Но эти законы хорошо работают, только когда токи носят постоянный характер. Когда же токи быстро изменяются по силе, то наблюдается совсем другие явления, часто совсем неожиданные, и становятся справедливыми совершенно другие законы, которые до сих пор еще не изучены столь полно, как того бы хотелось, хотя благодаря исследованиям преимущественно английских ученых были уже получены важные знания по данному предмету, которые дают нам возможность разбирать простые случаи, встречающиеся в ежедневной практике.

Явления, присущие меняющемуся характеру токов, существенно усиливаются, когда возрастает скорость изменения, поэтому исследование этих токов значительно облегчается при использовании специально созданного аппарата. Я ориентировался на эту и другие цели, когда создавал машины переменного тока, способные давать более двух миллионов обращений тока в минуту и, главным образом благодаря этому обстоятельству я могу представить вашему вниманию некоторые полученные к настоящему моменту результаты, которые, как я надеюсь, станут шагом в продвижении вперед по причине их прямого отношения к одной из самых важных проблем, а именно, созданию практического и эффективного источника света.

Исследование быстро переменяющихся токов очень интересно. Почти каждый эксперимент открывает что-то новое. Многие результаты, конечно же, можно предсказать, но по неожиданных гораздо больше. Эксперементатор делает множество интересных наблюдений. К примеру, мы берем кусочек металла и подносим его к магниту. Начиная с низких чередований, становящихся все чаще и чаще, мы ощущаем импульсы, сменяющие друг друга быстрее и быстрее, становясь при этом слабее и слабее, и в конце концов исчезающие. Затем мы наблюдаем постоянное притяжение; притяжение, конечно, не является непрерывным, оно только кажется нам таковым; наши чувство осязания несовершенно.

Далее, мы можем установить дугу между электродами и наблюдать, при росте чередований, как звук, присущий переменным электрическим дугам, становится все пронзительнее и пронзительнее, постепенно ослабевает и наконец прекращается. Воздушные вибрации, конечно же, продолжаются, но они очень слабы для восприятия; наше чувство слуха подводит нас.

Мы наблюдаем незначительные физиологические эффекты, быстрое нагревание железных сердечников и проводов, любопытные индукционные эффекты, интересные эффекты конденсатора, и еще более интересные световые явления при высоком напряжении индукционной катушки. Все эти эксперименты и наблюдения представляют огромный интерес для студента, но их подробное описание увело бы меня слишком далеко от главного предмета. Отчасти по этой причине, а отчасти вследствие их огромной важности, я ограничусь описанием световых явлений, производимых этими токами.

Для этой цели в экспериментах используется индукционная катушка высокого напряжения или эквивалентный аппарат для преобразования токов сравнительно низкого напряжения в токи высокого напряжения.

Если вам в достаточно мере будут интересны результаты, то я расскажу вам, как подойти к экспериментальному изучению этого предмета; если вы уверитесь в истинности аргументов, которые я выдвину, то вашей целью будет получение высоких частот и высокого напряжения; другими словами, мощных электростатических эффектов. Вы встретите множество трудностей, которые, если их полностью преодолеть, позволят добиться поистине удивительных результатов.

Первой встретится трудность получения нужных частот с помощью механического аппарата, а если они получаются иным способом, то встают препятствия другого характера. Следующей трудностью будет обеспечение необходимой изоляции, без существенного увеличения размеров аппарата, потому что требуемые потенциалы высоки, и в связи с

быстротой чередования изоляция представлет определенную трудность. Так, например, присутствие газа может привести, из-за бомбардировки молекул газа и, как следствие, нагрева, к разряду даже через дюйм лучшего твердого изоляционного материала, таких как стекло, эбонит, фарфор, сургуч и т.п.; в действительности, через любой известный изоляционный материал. Главным требованием к изоляции аппрата является, таким образом, удаление любой газообразной материи.

В целом, мой опыт показывает, что вещества, обладающие наибольшей диэлектрической проницаемостью, такие как стекло, обеспечивают довольно плохую изоляцию по сравнению с веществам, которые, хотя и являются хорошими изоляторами, обладают гораздо меньшей диэлектрической проницаемостью, такие как например масло, при этом диэлектрические потери в первом без сомнения выше. Трудность с изоляцией, конечно, есть лишь в том случае, когда потенциалы чрезмерно высоки, потому что при потенциалах в несколько тысяч вольт не втречается особых трудностей при передаче на достаточное расстояние тока от машины, дающей, скажем, 20,000 перемен в секунду. Однако, такое число перемен для многих целей слишком мало, хотя и оказывается достаточным для некоторых практических применений. Эта сложность с изоляцией, к счастью, не является принципиальной помехой; она влияет главным

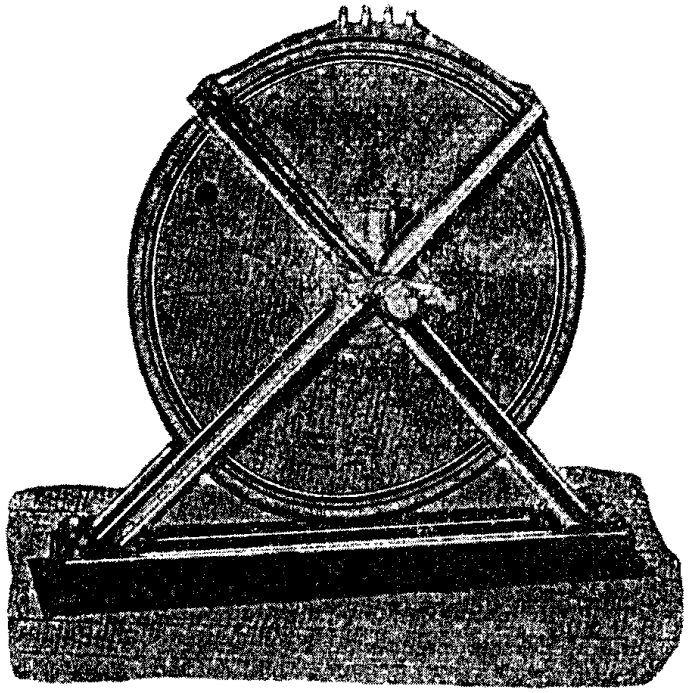


Рис. 1.

образом на размеры аппарата, потому что когда будут использоваться очень высокие потенциалы, то дающие свет устройства будут располагаться недалеко от аппарата, а часто и очень близко к нему. Так как воздушная бомбардировка изолированного провода зависит от эффекта конденсатора, то потерю можно уменьшить до минимума, если использовать очень хорошо заизолированные тонкие провода.

Ещё одна трудность будет с емкостью и самоиндукцией, которыми непременно обладает катушка. Если катушка большая, то есть если на ней намотан очень длинный провод, то она вообще не подойет для очень высоких частот; а если она маленькая, то она будет хорошо работать на высоких частотах, но потенциал, при этом, будет не такой высокий, как хотелось бы. Хороший изолятор, предпочтительно с малой диэлектрической проницаемостью, даст нам двойное преимущество. Во-первых, он даст возможность создать маленькую катушку, способную выдерживать огромные разности потенциалов. А во-вторых, такая маленькая катушка, по причине её меньшей емкости и самоиндукции, будет способна на более быстрые и интенсивные вибрации. Поэтому к вопросу создания катушки или любого рода индукционного

аппарата, обладающего необходимыми качествами я относился очень серьезно и работал над этим достаточно долгое время.

Исследователь, желающий повторить описываемые эксперименты с машиной переменного тока, способной давать токи нужной частоты, и индукционной катушкой, добьется успеха, если вынет первичную катушку и соберет вторичную таким образом, чтобы можно было смотреть сквозь трубку, вокруг которой намотана вторичная обмотка. Он сможет наблюдать потоки, проходящие от первичной обмотки к изоляционной трубке и по их интенсивности сможет понять, докуда можно поднимать напряжение на катушке. Без этой меры предосторожности он наверняка повредит изоляцию. Такая компоновка, помимо прочего, позволяет легко менять первичные обмотки, что в этих экспериментах весьма желательно.

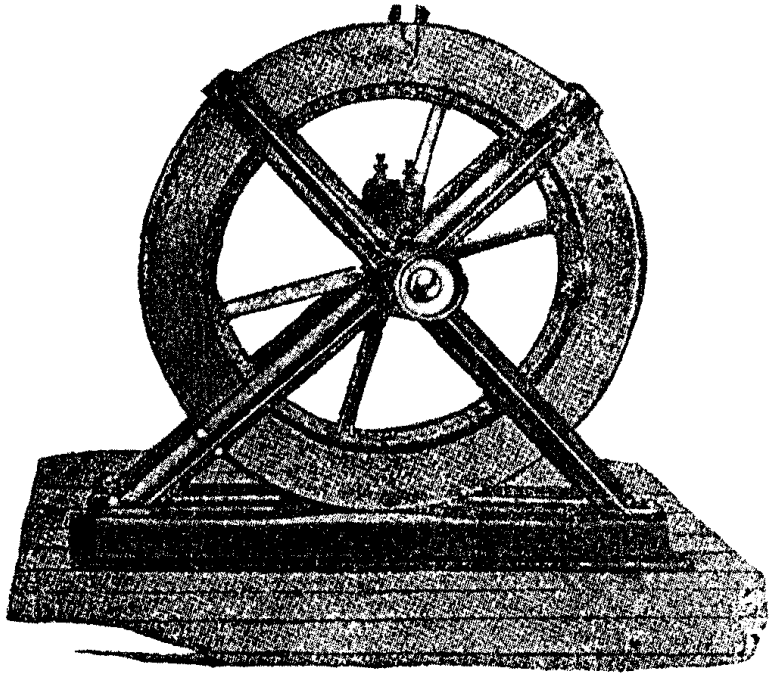


Рис. 2.

Выбор типа машины, наиболее подходящего для целей опытов, должен быть предоставлен экспериментатору. Здесь представлено три различных типа машин, которые, не считая всех остальных, я в своих опытах использовал.

На рисунке 1 изображена машина, которую я использовал в экспериментах, демонстрируемых в этом Институте. Возбуждающий электромагнит состоит из кольца из кованого железа, имеющего 384 полюсных наконечника. Якорь состоит из стального диска, на котором закреплен тонкий, хорошо провареный сваркой обод из кованого железа. На обод намотано несколько слоев тонкой, хорошо отожженой железной проволоки, которая во время намотки проходит через шеллак. Провода якоря намотаны вокруг латунных штырей, обернутых шелковой нитью. Диаметр проволоки якоря в машине данного типа не должен превышать 1/4 толщины полюсных наконечников, в противном случае будет достаточно сильным локальное воздействие.

На рис.2 представлена бо́льшая машина другого типа. Возлбуждающий магнит этой машины состоит из двух одинаковых частей, которые либо окружают собой катушку возбуждения, либо же наматываются независимо. Каждая часть имеет 480 полюсных наконечника, причем наконечники одной расположены против наконечников другой. Якорь состоит из колеса, сделанного из твердой бронзы и несущего на себе проводники, которое вращается между наконечниками возбуждающего магнита. Для намотки проводников якоря я нашел самым удобным следующий способ способ. Я изготовил из твердой бронзы кольцо нужного размера. Это кольцо и обод колеса были снабжены нужным количеством штырьков, и

оба закреплены на плоскости. Когда проводники якоря был намотаны, штырьки срезались, и концы проводов закреплялись двумя кольцами, которые, соответсвенно, привинчивались к бронзовому кольцу и ободу колеса. После этого все можно было снимать, оно составляло прочную конструкцию. Проводники в такой машине должны делаться из листовой меди, толщина которой, кончено, зависит от толщины полюсных наконечников; или же следует использовать тонкие переплетенные провода.

На рис.3 показана машина меньшего размера, во многом похожая на предыдущую, только здесь поводники якоря и катушка возбуждения закреплена неподвижно, а только вращается болванка из кованого железа.

Если бы я пустился в дальнейшие подробности конструкции этих машин, это только излишне удлинило бы это описание. Кроме того, они были несколько более глубоко описаны в Electrical Engineer за 18 Марта 1891 года. Однако, я полагаю, совсем неплохо было бы привлечь внимание исследователя к двум моментам. Хотя важность их и самоочевидна, исследователь, тем не менее, склонен их недооценивать. А именно, это локальное воздействие

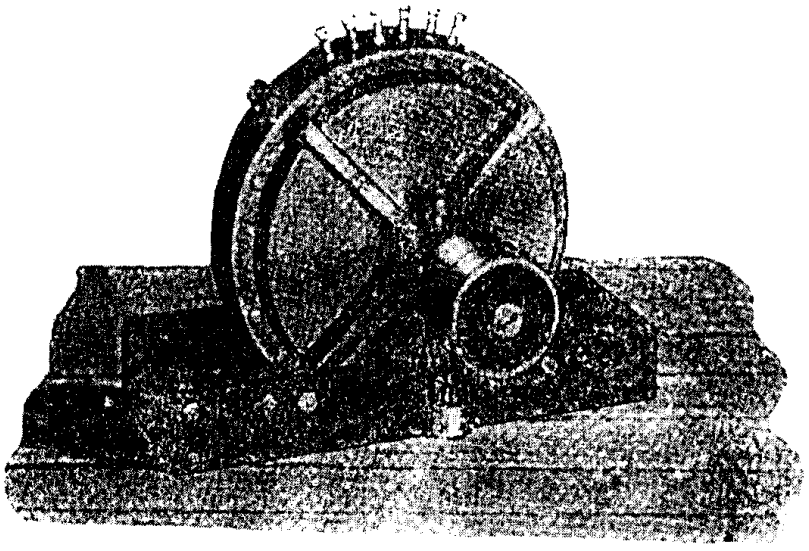


Рис. 3.

в проводниках, которого ни в коем случае нельзя допускать, и зазор, который должен быть мал. Я могу добавить, что ввиду желательности использования высоких периферийных скоростей якорь следует делать очень большого диаметра, чтобы избежать трудноосуществимых скоростей приводных ремней. Из нескольких типов этих машин, сделанных мною, с машиной, изображенной на Рис. 1, у меня возникло всех меньше проблем при создании и сборке, как впрочем и при обслуживании ее, да и в целом, это была хорошая экспериментальная машина.

При работе с индукционной катушкой при очень быстро переменяющихся токах среди отмеченных первыми световых явлений были, конечно, те, что производились разрядами высокого напряжения. Когда число чередований в секунду увеличивается, или же когда — при их высоком числе — изменяеься ток через первичную обмотку, разряд постепенно менялся в своих проявлениях. Было бы трудно описать все происходящие второстепенные изменения, а так же условия, которые их вызывают, но можно выделить пять очевидных форм разряда.

Сначала можно набдлюдать слабый, чувствительный разряд в виде тонкой слабо окрашеной нити (рис. 4а). Этот разряд появляется всегда, когда, при большом числе перемен в секунду, ток через первичную обмотку очень мал. Несмотря на чрезвычайно малый ток, скорость изменения велика, и разность напряжений на концах вторичной обмотки поэтому значительна, так что дуга устанавливается на больших расстояниях; но приведенное в движение количество "электричества" незначительно, едва лишь достаточное, чтобы поддерживать очень

тонкую нитевидную дугу. Она чрезвычайно чувствительна, и ее можно довести до состояния, когда на нее будет действовать даже одно лишь дыхание вблизи катушки, и если ее не защитить как следует от потоков воздуха, она постоянно будет извиваться. Тем не менее, в этом виде она чрезвычайно стойкая, и если выводы сблизить, скажем, на одну треть разрядного расстояния, то сдуть её можно будет только с очень большим трудом. Эта исключительная устойчивость дуги, когда она короткая, в основном обусловлена тем, что она чрезвычайно тонка, и поэтому являет потоку воздуха очень малую поверхность. А ее огромная чувствительность, когда она очень длинная, обусловлена вероятно движением частиц пыли, взвешенных в воздухе.

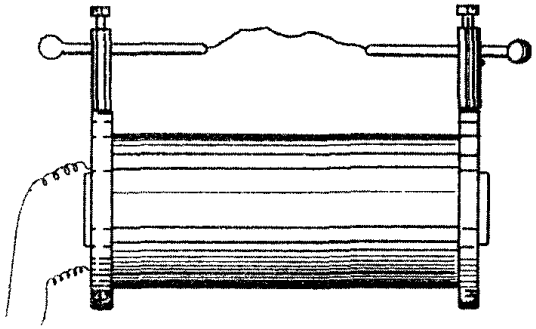


Рис. 4a.

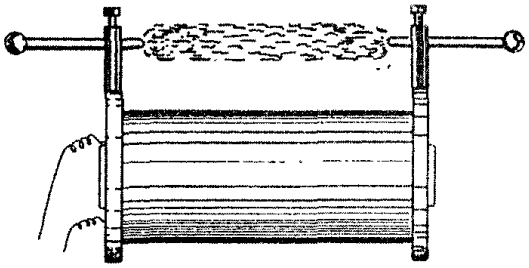


Рис. 4b.

Когда ток черех первичную обмотку возрастает, разряд становится шире и сильнее, и эффект емкости катушки становится видимым до тех пор, когда, наконец, при определенных условиях не образуется белая яркая дуга, рис.4b, часто толщиной в палец и бьющая через всю катушку. Она выделяет значительное тепло и еще может характеризоваться отсутствием высокого звука, который сопровождает менее мощные разряды. Получить удар от катушки при данных условиях я бы не советовал, хотя при других условиях, [даже] когда напряжение выше, удар от катушки можно получить безо всяких последствий. Чтобы произвести разряд такого рода, число перемен в секунду не должно быть слишком велико для данной используемой катушки; а, вообще, говоря, должны соблюдаться определенные отношения между емкостью, самоиндукцией и частотой.

Важность этих элементов в цепи переменного тока сегодня хорошо известна, и при обычных условиях применимы общие правила. Но в индукционной катушке преобладают исключительные условия. Во-первых, самоиндукция до установления дуги мало важна, когда она уже предъявляет свои права, но, по-видимому, никогда не столь явно, как в обычных цепях переменного тока, потому что емкость распределена по всей катушке, и по причине того, что катушка обычно разряжается через очень большие сопротивления; отсюда токи чрезвычайно малы. Во-вторых, емкость постоянно растет в увеличением потенциала, в результате поглощения, которое проявляется в значительной степени. Благодаря этому не существует критической взаимосвязи между этими величинами, и по-видимому обычные правила неприменимы. Как только потенциал увеличивается — вследствие либо увеличившейся частоты, либо возросшего тока через первичную обмотку, количество хранимой энергии становится больше и больше, и емкость приобретает все бо́льшую и бо́льшую значимость. До определенной точки емкость полезна, но после нее становится огромной помехой. Это следует из того, что каждая катушка дает наилучший результат при определенных частоте и первичном токе. Очень большая катушка, при работе с токами очень высокой частоты, может не давать искру и в $^1/_8$ дюйма. Подключаяя к выводам емкость, ситуацию можно улучшить, но что на самом деле катушке требуется — это более низкая частота.

При возникновении яркого разряда условия очевидно таковы, что через цепь заставляют течь самый большой ток. Этих условий можно достичь меняя в широких пределах частоту, но, при заданном первичном токе, самая высокая частота, при которой все еще может образовываться яркая дуга, определяет максимальное разрядное расстояние катушки. При ярком разряде сильных эффектов емкости незаметно; тогда скорость, с которой энергия

накапливается, просто равна скорости, с которой она может сбрасывается через цепь. Такой разряд является самым суровым испытанием для катушки; если происходит пробой, то как в слишком сильно заряженой Лейденской банке. Для грубого приближения могу сказать, что с обычной катушкой, с сопротивлением, скажем, в 10,000 Ом, самая мощная дуга получается примерно при 12,000 переменах в секунду.

Когда частота возрастает за пределы этого значения, потенциал, конечно же, возрастает, но разрядное расстояние может, тем не менее, сократиться, сколь бы парадоксальным это не выглядело. По мере роста потенциала катушка все больше и больше приобретает свойства статической машины, до тех пор, пока, наконец, нашему взору не предстанет прекрасное явление — потоковый разряд, рис. 5, который может получаться во всю длину катушки. На этом этапе потоки начинают свободно исходить из всех острий и выступов. Множество потоков можно также увидеть в пространстве между первичной обмоткой и изоляционной трубкой. Если потенциал слишком высок, то они будут появляться всегда, даже при низкой частоте, и даже если первичная обмотка заизолирована дюймом сургуча, твердой резины, стекла или другого изолирующего материала. Это очень существенно ограничивает выход катушки, но позже я покажу, каким образом мне удалось в значительной степени преодолеть этот недостаток в обычной катушке.

Помимо напряжения, интенсивность потоков зависит еще от частоты; но если катушка будет очень большая, то они появятся, неважно, сколь низкие используются частоты. Например, в очень большой катушке, сопротивлением 67,000 Ом, которую я сделал некоторое время назад, они появлялись при столь низкой частоте как 100 перемен в секунду и менее, причем изоляцию вторичной обмотки составляли $^3/_4$ дюйма эбонита. Когда они сильные, то издают звук, похожий на тот, что производит машина Гольца при зарядке, но только более мощный, и они испускают сильный запах озона. Чем ниже частота, тем больше вероятность, что они внезапно повредят катушку. При очень высоких частотах они свободно могут проходить, не вызывая никакого эффекта, кроме медленного и равномерного нагрева изоляции.

Существование этих потоков подтверждает важность создания дорогостоящей катушки, которая позволяла бы смотреть сквозь трубку, окружающую первичную обмотку, и легко заменять первичную обмотку. Или же пространство между первичной и вторичной обмотками

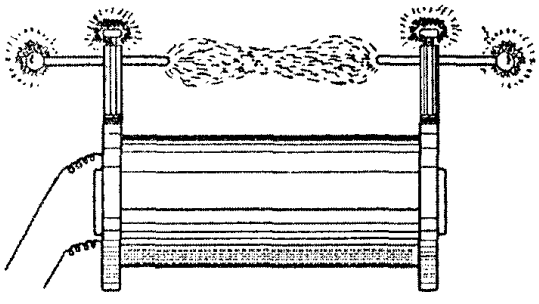


Рис. 5.

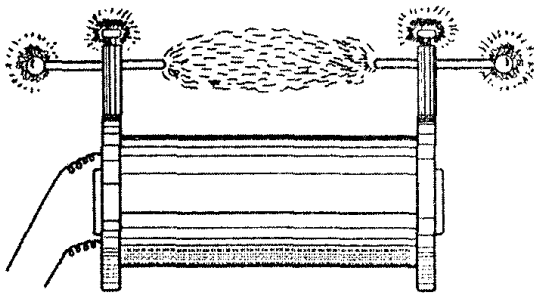


Рис. 6.

должно было бы полностью заполнено изоляционным материалом, чтобы исключить любое присутствие воздуха. Несоблюдение этого простого правила при создании коммерческих катушек приводит к разрушению многих дорогостоящих катушек.

На этапе, когда возникает потоковый разряд, или при еще бо́льших частотах, можно достаточно сильно сближая разрядные стержни и соответственно регулируя эффект емкости, проивести настоящие брызги из маленьких серебристо-белых искр, или же получить пучок чрезвычайно тонких серебристых нитей (Рис. 6) посреди мощной щетки — каждая искра или нить возможно соответствует одному чередованию. Это явление, получаемое при определенных условиях, является, наверное, самым красивым разрядом, а когда против него направлена струя воздуха, оно представляет необыкновенное зрелище. Брызги искр, попадающие на тело,

вызывают неприятные ощущения, тогда как, если разряд просто течет, ничего подобного не ощущается, если держать в руках большие проводящие предметы для защиты от получения небольших ожогов.

Если частоту увеличить еще больше, то катушка не даст никакой искры, если только на сравнительно малых расстояниях, и можно наблюдать пятую типичную форму разряда (рис. 7). Тенденция к истечению и рассеянию тогда настолько велика, что когда образуется щетка на одном из разрядных стержней, то искрение отсутствует, даже в том случае, если неоднократно трогать их рукой, как я делал, или же держать какой-нибудь проводящий предмет внутри потока; но что еще более необычно, светящийся поток было совсем не легко искривить, поднося к нему проводящее тело.

На этой стадии потоки, видимо, совершенно свободно проходят через изоляцию значительной толщины, и особенно интересно изучить их поведение. Для этой цели удобно подсоединить к контактам катушки два металлических шара, которые можно помещать на любом желаемом расстоянии, Рис. 8. Шары предпочтительнее, чем пластины, так как в этом случае можно лучше наблюдать разряд. Внося диэлектрические тела между шарами, можно наблюдать красивые явления разряда. Если шары расположены достаточно близко, и искра играет между ними, то при внесении между ними тонкой эбонитовой пластинки искра немедленно исчезает, и разряд расширяется в интенсивно светящийся круг нескольких дюймов в диаметре, если шары достаточно большие. Прохождение потоков нагревает и через некоторое

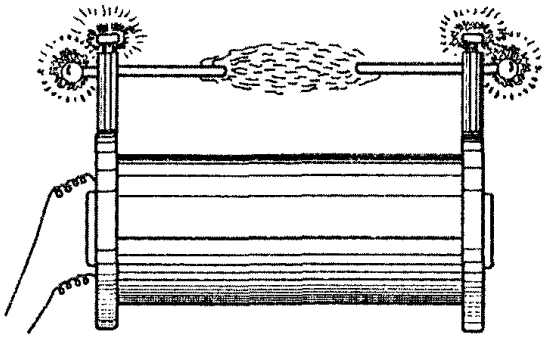


Рис. 7.

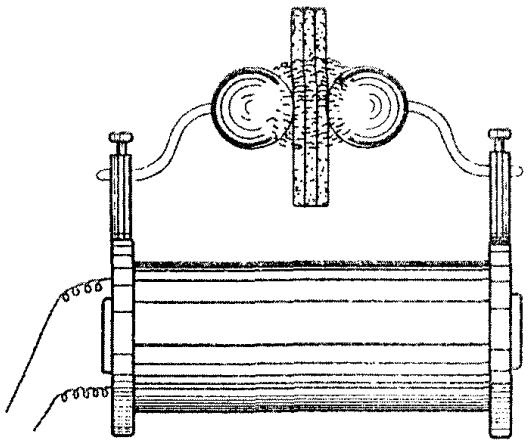


Рис. 8.

время размягчает резину настолько, что этим способом можно склеить вместе две пластины. Если шары расположены настолько далеко друг от друга, что искры между ними нет, и даже если они расположены за пределами разрядного расстояния, вносение толстой пластины из стекла сразу возбуждает разряд, идущий от шаров к стеклу в форме светящихся потоков. Кажется почти, будто эти потоки проходят через диэлектрик. На самом деле это не так, потому что потоки существуют благодаря молекулам воздуха, которые чрезвычайно возбуждаются в пространстве между противоположно заряженными поверхностями шаров. Когда нет никакого другого диэлектрика, кроме воздуха, бомбардировка идет, но она очень слабая, чтобы её можно было увидеть; от внесения диэлектрика индукционный эффект сильно увеличивается и, кроме того, летящие молекулы воздуха встречают препятствие, и бомбардировка становится настолько интенсивной, что потоки начинают светиться. Если бы мы могли каким-нибудь механическим способом вызвать такое чрезвычайное возбуждение молекул, то могли бы получить такое же явление. Струя воздуха, вытекающего через небольшое отверстие под огромным давлением и ударяющаяся об изоляционный материал, такой как стекло, может светиться в темноте, и может быть возможным получить таким способом фосфоресценцию стекла или других изоляторов.

Чем выше диэлектрическая проницаемость вносимого диэлектрика, тем мощне производимый эффект. Благодаря этому потоки проявляются при чрезвычайно высоких потенциалах, даже при толщине стекла от полтора до двух дюймов. Но кроме нагревания,

вызванного бомбардировкой, определенное нагревание идет, без сомнения, и в диэлектрике, причем в стекле значительно больше, чем в эбоните. Я отношу это явление к большей диэлектрической проницаемости у стекла, вследствие которой, при одинаковой разности потенциалов, в стекло вбирается большее количество энергии, чем в резину. Это как если подсоединить к батарее медный и латунный провода одинаковых размеров. Медный провод, хотя и являясь более совершенным проводником, будет нагреваться сильнее, по причене тог, что вбирает больше тока. Таким образом, то, что в иных обстоятельствах является положительным качество стекла, здесь превращается в недостаток. Стекло обычно дает дорогу [пробою] гораздо быстрее, чем эбонит; когда оно нагревается до определенной степени, разряд внезапно пробивет через [него] в определенной точке, принимая затем форму обычной дуги.

Эффект нагрева, вызванный молекулярной бомбардировкой диэлектрика, конечно, уменьшился бы, при повышени давления воздуха, и при огромном давлении он стал бы ничтожен, если соответственно не увеличить частоту.

В этих экспериментах мы можем часто наблюдать, что если шары расположены за пределами разрядного расстояния, то приближение, например, стеклянной пластины может индуцировать искру, проскакивающую между шарами. Это происходит, когда емкость шаров немколько ниже критического значения, дающего самую большую разницу потенциалов на выходах катушки. Приближение диэлектрика увеличивает диэлектрическую проницаемость пространства между шарами, давая такой же эффект, как если бы увеличивалась емкость шаров. Напряжение на выводах может тогда вырасти настолько, что воздушное пространство пробивается. Эксперимент лучше всего производить с плотным стеклом или слюдой.

Еще одно интересное наблюдение с пластиной из изоляционного материала: когда разряд проходит через нее, она сильно притягивается одним из шаров, а именно тем, который ближе к ней. Это обусловлено, очевидно, меньшим механическим действием бомбардировки с той стороны, и, возможно, также большей электризацией.

Из поведения диэлектриков в этих экспериментах мы можем сделать вывод, что наилучшим изолятором для этих быстро переменяющихся токов был бы именно тот, который обладал бы наименьшей диэлектрической проницаемостью и в тоже время мог выдерживать самую большую разность потенциалов. Это, таким образом, указывает нам два диаметрально противоположных способа обеспечения нужной изоляции, а именно: использовать либо хороший вакуум, либо газ под большим давлением; но первое было бы предпочтительнее. К сожалению, ни один из этих двух способов не осуществим легко на практике.

Особенно интересно отметить поведение очень высокого вакуума в этих экспериментах. Если тестовую трубку с внешними электродами и откачаную до наивысшей возможной степени подсоединить к выводам катушки (Рис.9), то электроды трубки немедленно нагреются до высокой температуры, и стекло на каждом конце трубки будет сильно фосфоресцировать, но середина трубки оказывается сравнительно темной и некоторое время остается холодной.

Когда частота настолько высока, что наблюдается разряд, показанный на Рис. 7, в катушке, без сомнения, происходит значительное рассеивание. Тем не менее катушка может работать длительное время, потому что нагревание постепенное.

Несмотря на то, что разность потенциалов может быть огромной, мало что чувствуешь, когда разряд проходит сквозь тело, если защищены руки. Это происходит в некоторой степени благодаря более высокой частоте, но в основном из-за того, что во вне становится меньше энергии, когда разность потенциалов достигает огромной величины, благодаря тому обстоятельству, что с ростом потенциала энергия, поглощаемая катушкой, растет как квадрат потенциала. До определенного момента энергия во вне увеличивается вместе с ростом потенциала, затем она начинает быстро спадать. Таким образом, в действии обыкновенной индукционной катушки высокого напряжения существует любопытный парадокс: в то время как при определенном токе через первичную обмотку удар может оказаться фатальным, при токе во много раз сильнее этого он может быть совершенно безвредным, даже если частота одинакова. При высоких частотах и чрезвычайно высоких потенциалах, когда выходы катушки не подсоединены к некоторого размера предметам, практически вся энергия, подаваемая в

первичную обмотку, забирается катушкой. Не наблюдается ни пробоя, ни местных повреждений, но весь материал, изоляционный и проводящий, однородно нагревается.

Во избежание недоразумений в отношении физиологического действия переменных токов очень высокой частоты я считаю необходимым сказать, что хотя они, бесспорно, несравненно менее опасны, чем токи низкой частоты, не следует всё же полагать, что они совсем безвредны. Вышесказанное относится исключительно к токам от обыкновенной индукционной катушки высокого напряжения, токи которой обязательно очень малы; тики же, полуаемые непосредственно от машины или от вторичной обмотки с низким сопротивлением производят более или менее мощные воздействия и могут нанести серьезные повреждения, особенно если при этом используются еще и конденсаторы.

Потоковый разряд индукционной катушки высокого напряжения отличается во многих отношениях от разряда мощной электростатической машины. Он не имеет ни фиолетового свечения положительного, ни яркости отрицательного статического разряда, но представляет собой нечто среднее, будучи, конечно, попеременно положительным и отрицательным. Но так как утечка потоков более интенсивна, когда острие или вывод катушки заряжен положительно, чем когда он заряжен отрицательно, то из этого следует, что вершина щётки более похожа на положительный, а ее основание — на отрицательный статический разряд. В темноте, если этот разряд очень мощный, основание "щётки" кажется почти белым. Движение воздуха, вызванное истечением потоков, хотя и может быть очень сильным — часто до такой степени, что его

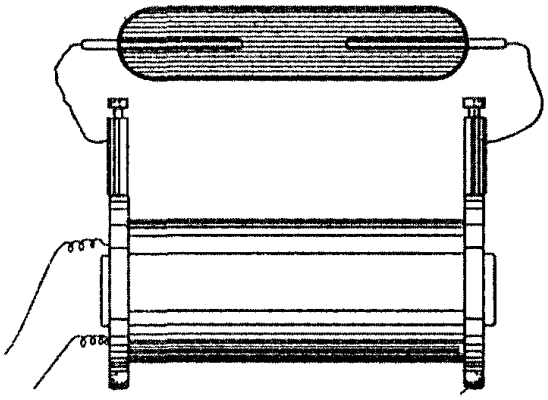


Рис. 9.

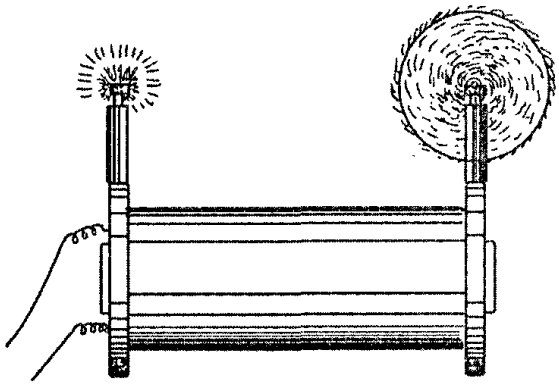


Рис. 10.

можно ощутить на приличном расстоянии от катушки, — тем не менее, учитывая величину разряда, меньше, чем получается от положительной щётки от электростатической машины. И влияет на яркость свечения гораздо менее мощно. Исходя из природы данного явления мы можем заключить, что чем выше частота, тем меньше должно быть, конечно же, движение воздуха, вызываемое потоками, и при достаточно высоких частотах не будет наблюдаться никакого движения воздуха при условиях нормального атмосферного давления.

При частотах, получаемых посредством машины, механический эффект достаточно велик, чтобы вращать со значительной скоростью большие колесики, которые в темноте являют собой прекрасное зрелище, благодаря обилию потоков (Рис. 10).

В общем, многие эксперименты, обычно проводимые с электростатической машиной, можно провести и с индукционной катушкой, работающей от быстро переменяющихся токов. Получаемые результаты, однако, гораздо более поразительны и обладают несравнимо большей силой. Когда небольшой кусок обычного провода с хлопчатобумажной изоляционной обмоткой, Рис. 11, присоединяют к одному выводу катушки, потоки, исходящие изо всех точек провода, могут быть столь интенсивными, что производят значительный световой эффект. Когда потенциалы и частоты очень высоки, провод, изолированный гуттаперчей или резиной и присоединенный к одному из выводов, кажется покрытым светящейся пленкой. Очень тонкий оголенный провод, присоединенный к выводу, испускает мощные потоки и постоянно вибрирует взад и вперед или описывает круг, что производит необычный эффект (Рис. 12).

Некоторые из этих экспериментов были описаны мною в The Electrical World от 21 февраля 1891 года.

Другая особенность быстро чередующегося разряда индукционной катушки — это его совершенно другое поведение по отношению к остриям и к закругленным поверхностям.

Если толстый провод с шариком на одном конце и острием на другом подсоединить к положительному выводу электростатической машины, утечка практически всего заряда произойдет через острие по причине неизмеримо более высокого напряжения, зависящего от радиуса кривизны. Но если такой провод подсоединить к одному из выходов индукционной катушки, то можно наблюдать, что при очень высоких частотах потоки испускаются из шара так же обильно, как и из острия (Рис. 13).

Трудно представить, что мы могли бы добиться в равной степени такого же результата в электростатической машине, по той простой причине, что напряжение увеличивается как квадрат плотности, которая в свою очередь пропорциональна радиусу кривизны. Следовательно, при постоянном потенциале потребовался бы огромный заряд, чтобы заставить потоки идти из полированного шара когда он соединен с острием. Но в случае с индукционной катушкой, разряд которой с большой быстротой чередуется, дело обстоит по-другому. Здесь мы имеем дело с двумя разными тенденциями. Во-первых, есть тенденция к утечке, которая

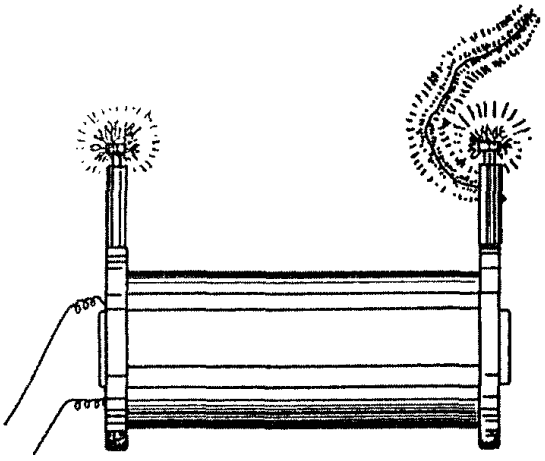


Рис. 11.

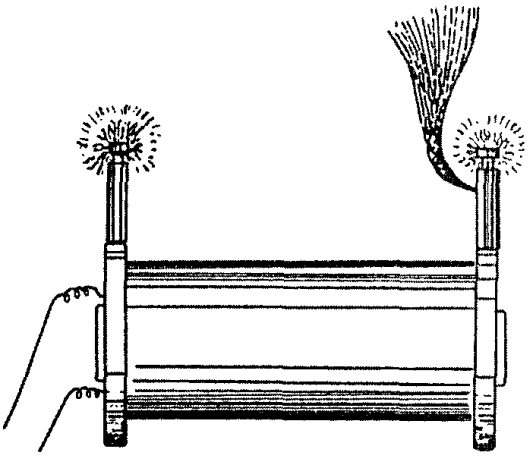


Рис. 12.

существует в состоянии покоя и зависит от радиуса кривизны; во-вторых, есть тенденция к рассеиванию в окружающий воздух от эффекта конденсатора, которая зависит от поверхности. Когда одна из этих тенденций достигает максимума, другая находится в минимуме. На острие световой поток возникает в основном благодаря тому, что молекулы воздуха вступают в физический контакт с острием; они притягиваются и отталкиваются, заряжаются и разряжаются, и их атомные заряды таким образом возмущаются, вибрируют и испускают световые волны. На шаре, напротив, этот эффект без сомнений производится в огромной степени индуктивно, и молекулы воздуха не обязательно вступают в контакт с шаром, хотя это, несомненно, происходит. Чтобы убедиться в этом, нам необходимо лишь усилить действие конденсатора, например, окружив шар на некотором расстоянии лучшим проводником, чем окружающая среда, при этом данный проводник, конечно, должен быть изолирован. Или его можно также окружить лучшим диэлектриком и приблизить изолированный проводник; в обоих случаях потоки будут испускаться обильнее. Также, чем больше шар при данной частоте, или чем выше частота, тем более шар будет иметь преимущества перед острием. Но поскольку требуется определенная интенсивность эффекта, чтобы потоки стали видимыми, очевидно, что в описанном эксперименте не следует брать слишком большой шар.

Вследствие этой двойной тенденции, существует возможность достигнуть с помощью острий эффектов, идентичных получаемым с помощью ёмкости. Например, если присоединить к одному контакту катушки небольшой кусок грязного провода, который представляет собой множество острий и обеспечивает прекрасные условия для утечки, то напряжение катушки можно повысить до той же величины, что и путем подсоединения к этому контакту

полированного шара с площадью поверхности во много раз больше, чем у провода.

Можно провести интересный эксперимент, показывающий действие множества точек провода, следующим образом. Присоедините к одному из выводов катушки провод с хлопчатобумажной изоляцией около 2 футов длиной, и путем регулирования сделайте так, чтобы из провода испускались потоки. В этом эксперименте первичную катушку предпочтительнее расположить так, чтобы она входила внутрь вторичной только до половины. Теперь дотроньтесь до свободного вывода вторичной обмотки проводящим предметом, который можно держать в руке или присоединить к изолированному предмету некоторой величины. Этим способом можно очень сильно увеличить потенциал на проводе. Результатом

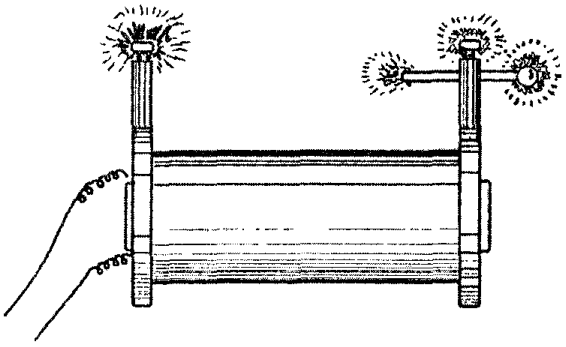


Рис. 13.

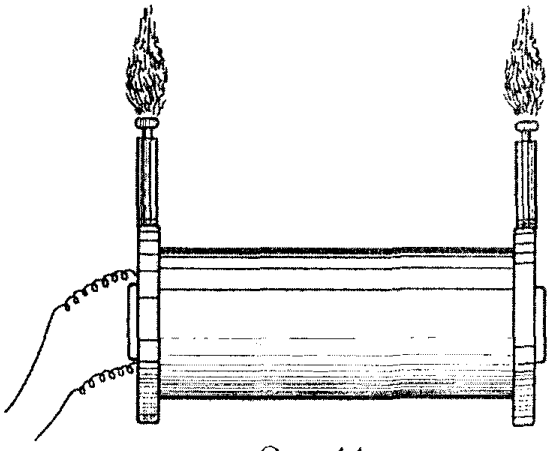


Рис. 14.

этого будет либо увеличение, либо уменьшение потоков. Если они усилились, то провод слишком короток, если уменьшились, то он слишком длинный. Подбирая длину провода, можно найти точку, когда прикосновение ко второму выводу никак не влияет потоки. В этом случае повышение потенциала полностью компенсируется его падением на катушке. Вы увидите, что малые длины провода вызывает значительные различия в величине и светимости потоков. Первичная обмотка располагается сбоку по двум причинам: Во-первых, чтобы увеличить потенциал на проводе; а во-вторых, чтобы увеличить его падение на катушке. Таким образом, поднимется чувствительность.

Существует еще одна и гораздо более поразительная особенность разряда-щётки, получаемого при очень быстро переменяющемся токе. Чтобы понаблюдать его, лучше всего заменить обычные выводы катушки двумя металлическими стержнями, изолированными достаточной толщины эбонитом. Также неплохо заделать все царапинки и трещинки воском, чтобы щётки не могли образоваться нигде кроме как на вершинах стержней. Если тщательно подобрать необходимые условия — что, конечно, зависит от мастерства экспериментатора, — так, чтобы поднять потенциал до огромных значений, можно получить две мощных щётки длиной в несколько дюймов, у оснований почти белых, которые в темноте имеют поразительное сходство с двумя факелами газа, идущего под давлением (Рис. 14). Но они не просто похожи на огонь, это настоящие языки пламени, так как они горячие. Конечно, они не такие горячие, как пламя газовой горелки, но могли бы стать такими при достаточно высокой частоте и потенциале. Производимая, скажем, при двадцати тысячах чередований в секунду теплота легко ощутима, даже если потенциал не является слишком высоким. Теплота образуется, конечно, благодаря столкновениям молекул воздуха с разрядными стержнями и друг с другом. Так как при обычном давлении свободный пробег чрезвычайно мал, то возможно, что несмотря на огромную первоначальную скорость, сообщаемую каждой молекуле при вхождении в контакт с разрядным стержнем, ее продвижение замедляется — по причине столкновений с другими молекулами — до такой степени, что она не может далеко уйти от стержня, но может ударяться об него последовательно много раз. Чем выше частота, тем меньше шансов у молекулы уйти от разрядного стержня, тем более что для данного эффекта требуется меньший потенциал; поэтому можно представить — и вероятно, даже достичь, — частоту, при которой о стержень будут ударяться практически одни и те же молекулы. При таких условиях обмен

молекул был бы очень медленным, и теплота, вырабатываемая на стержне или вблизи него, была бы огромной. Но если бы частота постоянно увеличивалась, производимое тепло стало бы уменьшаться в силу очевидных причин. В положительной щётке электростатической машины обмен молекул очень быстрый, поток постоянно одного направления, и столкновений происходит меньше; отсюда тепловой эффект должен быть очень малым. Всё, что затрудняет легкость обмена, приводит к увеличению локально получаемой теплоты. Таким образом, если держать колбу над разрядным стержнем катушки так, чтобы она окружала щётку, то воздух в колбе очень быстро нагреется до высокой температуры. Если держать стеклянную трубку над щёткой так, чтобы воздушная тяга вытягивала щётку вверх, то из верхнего отверстия трубки вырывается обжигающий воздух. Любой предмет внутри щётки, конечно, быстро нагревается, что приводит к мысли о возможности использования этого теплового эффекта для той или иной цели.

Размышляя об этом необычайном явлении горячей щётки, мы не можем не задуматься о том, что подобный процесс должен иметь место и в обычном пламени; и кажется странным, что после всех прошедших столетий знакомства с огнем, сейчас, в эру электрического света и тепла, мы подошли, наконец, к осознанию того, что с незапамятных времен имели в нашем распоряжении "электрический свет и тепло". Также небезынтересно представить, что у нас есть возможный способ получения — не химическим путем — настоящий огонь, способный давать свет и тепло без сжигания какого-либо материала, без каких-либо химических процессов, и чтобы достичь этого, нам необходимо только усовершенствовать методы получения очень высоких частот и потенциалов. У меня нет сомнений в том, что если вызвать чередование потенциала с достаточной скоростью и мощностью, то щётка, образующаяся на конце провода, потеряет свои электрические характеристики и станет подобна пламени. Пламя должно обуславливаться электростатическим молекулярным эффектом.

Теперь это явление объясняет, и в этом едва ли можно усомниться, несчастные случаи, нередко происходящие во время грозы. Хорошо известно, что предметы часто загораются, даже если в них не ударила молния. Сейчас мы рассмотрим, каким образом это может произойти. На гвозде в крыше, например, или на каком-либо выступе, проводящем или ставшим таким из-за влажности, может образоваться мощная щётка. Если молния ударила где-то поблизости, это может заставить огромный потенциал чередоваться или флюктуировать, возможно, много миллионов раз в секунду. Молекулы воздуха интенсивно притягиваются и отталкиваются, и своими столкновениями производят такой мощный тепловой эффект, что возникает огонь. Вполне возожно представить, что корабль, плывущий по морю, может таким образом загореться сразу в нескольких местах. Если мы учтем, что даже при сравнительно малых частотах, получаемых с помощью динамо машины, и при потенциалах не более ста или двухсот тысяч вольт наблюдаются значительные тепловые эффекты, то можно представить, насколько мощнее они должны быть при частотах и потенциалах во много раз больше; и приведенное выше объяснение кажется, говоря без преувеличений, очень правдоподобным. Возможно, подобные объяснения уже предлагались, но я не располагаю сведениями о том, что до настоящего времени тепловве эффекты щётки, получаемой с помощью быстро переменного потенциала, демонстрировалось бы экспериментально, по крайней мере, не в столь заметной степени.

Если полностью исключить обмен молекул воздуха, местный тепловой эффект можно усилить настолько, что предмет накалится. Таким образом, например, если поместить маленький стержень или, предпочтительнее, очень тонкий провод или нить в неоткачанную колбу и соединить с выводом катушки, то его можно довести до накаливания. Можно представить это явление гораздо интереснее, если заставить верхний конец нити накала быстро вращаться по кругу, придав ему, таким образом, вид светящейся воронки (Рис. 15), которая расширяется с повышением потенциала. Когда потенциал невелик, конец нити может совершать беспорядочные движения, внезапно меняющеся, или может описывать эллипс; но при очень высоком потенциале нить всегда вращается по кругу, так же, как и тонкий провод, свободно присоединенный к выводу катушки. Эти движения вызваны, конечно,

столкновениями молекул и неравномерным распределением напряжения по причине неровности и несимметричности провода или нити. Вероятно, подобные движения отсутствовали бы в случае идеально симметричного и отполированного провода. То, что это движение не обусловлено другими причинам, вполне очевидно, потому что оно не имеет определенного направления, и потому, что в очень сильно откачаной колбе оно прекращается совсем. Возможность довести предмет до накаливания в откачанной колбе, или даже совсем открытый, как представляется, открыла бы нам способ получить световые эффекты, которые пригодились бы для полезных целей, когда улучшатся методы получения быстро переменяющихся потенциалов.

При применении коммерческой катушки получение очень мощной щётки сопряжено со значительными трудностями, потому что когда используются высокие частоты и огромные потенциалы, может подвести даже самая лучшая изоляция. Обычно катушка изолирована достаточно хорошо, чтобы выдерживать напряжение между соседними намотками, так как два провода, с двойной шелковой пропарафиненной оплеткой, выдерживают напряжение в несколько тысяч вольт; трудность лежит в основном в предотвращении пробоя от вторичной обмотки к первичной, которому очень способствует испускание потоков от последней. В обмотке, конечно, самое сильное напряжение между намотками, но обычно в большей обмотке намоток так много, что опасность внезапного пробоя не столь велика. Обычно в этом

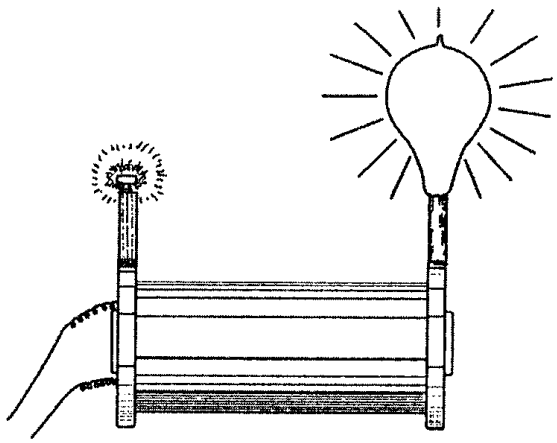


Рис. 15.

направлении трудностей не встречается, и, кроме того, возможность внутренних повреждений в катушке сильно снижается из-за того, что наиболее вероятный эффект — это просто постепенное нагревание, которое при достаточном усилении не может остаться незамеченным. Так что главная необходимость — предотвратить появление потоков между первичной обмоткой и трубкой, не только из-за нагревания или возможных повреждений, но также и из-за того, что потоки могут значительно уменьшать получаемую на выводах разность потенциалов. Несколько советов о том, как это предотвратить, вероятно окажутся полезными в большинстве этих экспериментов с обыкновенной индукционной катушкой.

Один из способов, например, — это намотать короткую первичную обмотку (Рис. 16a), чтобы при такой длине разность потенциалов была не столь велика, чтобы вызвать пробой потоков через изоляционную трубку. Длину первичной обмотки следует определять экспериментально. Оба конца обмотки следует вывести с одной стороны через заглушку из изоляционного материала, вставленную в трубку как показано на рисунке. При таком расположении один вывод вторичной обмотки присоединяется к предмету, площадь которого определяется с большой тщательностью так, чтобы получать наибольший подъем потенциала. На другом выводе появляется мощная щётка, с которой можно экспериментировать.

Описанная выше схема приводит к необходимости использования первичной обмотки сравнительно небольшого размера, и она имеет тенденцию нагревается, когда хочется получать мощные эффекты в течение продолжительного времени. В таком случае лучше использовать обмотку больше (Рис. 16b) и вводить её с одной стороны трубки, пока не начнут появляться потоки. В этом случае ближайший вывод вторичной обмотки можно подсоединить к первичной

или к земле, что практически одно и то же, если первичная обмотка непосредственно присоединена к машине. В случае с заземлением хорошо было бы экспериментально определить частоту, которая больше всего подходит для условий данного испытания. Другой способ более или менее устранить утечку потоков — это намотать первичную обмотку секциями и сделать подводку к ней из отдельных хорошо изолированных источников.

В большинстве этих экспериментов, когда нужно получать мощные кратковременные эффекты, полезно использовать с первичными обмотками железные сердечники. В этом случае

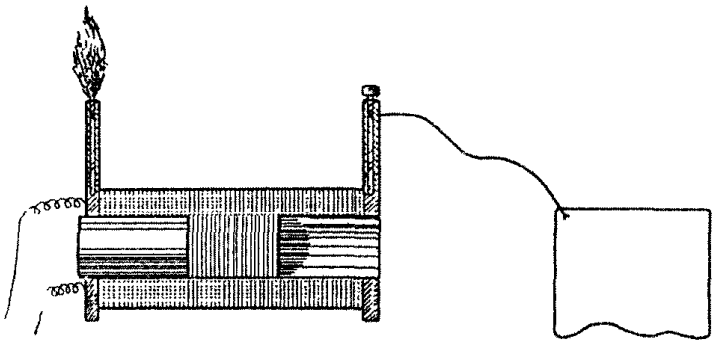


Рис. 16а.

можно намотать очень большую первичную обмотку и расположить её бок о бок рядом со вторичной, и, подсоединив ближайший вывод вторичной к первичной, вводят гладкий стальной сердечник через первичную обмотку во вторичную настолько, насколько позволят потоки. В этих условиях можно вызвать появление на другом выводе вторичной обмотки чрезвычайно мощной щётки длиной в несколько дюймов, которую вполне можно назвать "Огнем Святого Эльма". Это самым мощный озонатор, на самом деле настолько мощный, что всего нескольких минут достаточно, чтобы все помещение наполнилось запахом озона, несомненно, обладающего поразительными химическими свойствами.

Для получения озона прекрасно подходят токи очень высокой частоты, не только из-за их преимуществ в плане преобразований, но и потому что озонирующее действие разряда зависит как от частоты, так и от потенциала; и это несомненно подтверждает эксперемент.

Если в этих экспериментах использовать стальной сердечник, следует внимательно следить за ним, так как он может чрезмерно нагреться за чрезвычайно короткое время. Чтобы вы получили представление о том, как быстро он нагревается, я могу сказать, что если пропустить мощный ток через обмотку со многими витками, то внесения внутрь неё тонкой железной провлоки не более, чем на секунду, будет достаточно, чтобы нагреть ее примерно до 100° С.

Но это быстрое нагревание не должно заставить нас отказаться от использования стальных сердечников в экспериментах с бысто переменняющимися токами. В течение долгого времени я был убежден в том, что в промышленном токоснабжении с применением трансформаторов можно осуществить примерно следующий план. Мы можем использовать небольшой железный сердечник, секционный или даже, может быть, нет. Мы можем окружить этот сердечник толстым слоем жаростойкого материала, который слабо проводит тепло, а поверх него разместить первичную и вторичную обмотки. Используя либо более высокие частоты, либо магнитные силы, мы можем нагреть стальной сердечник с помощью гистерезиса и вихревых токов до такой степени, чтобы он достиг почти максимальной [магнитной] проницаемости, которая, как показал Хопкинсон, может быть в целых шестнадцать раз больше, чем при обычных температурах. Если стальной сердечник хорошо защищен, он не будет портиться из-за нагревания, и если покрытие из жаростойкого материала будет достаточно толстым, то, несмотря на высокую температуру, сможет излучаться только ограниченное количество энергии. Мною были сконструированы трансформаторы для этого проекта, но из-за недостатка времени они ещё не прошли тщательную проверку.

Другой способ приспособить стальные сердечники к быстрым переменам, или, говоря в общем, снизить фрикционные потери, — это создать с помощью постоянного намагничивания поток примерно в семь или восемь тысяч линий на квадратный сантиметр, проходящий сквозь стальной сердечник, и затем работать со слабыми магнитными силами и преимущественно высокими частотами вокруг точки максимальной проницаемости. Этим способом достигается более высокая эффективность преобразования и больший выход. Я также применил этот принцип в связи с машинами, на которых отсутствует обращение полярности. В машинах этого типа выход не очень большой по причине малого количества полярных выступов, так как максимумы и минимумы намагничивания далеки от точки максимальной проницаемости. Но при очень большом количестве полярных выступов можно достичь нужной скорости изменений, при этом намагничивание не меняется настолько, чтобы сильно отклоняться от точки максимальной проницаемости, и получается значительный выход.

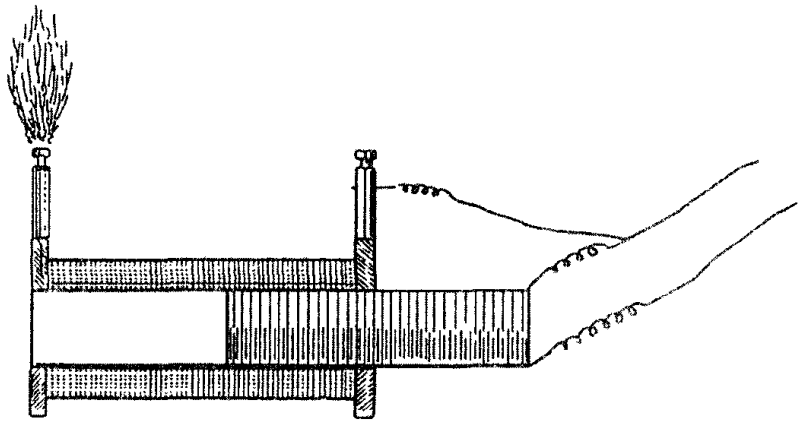


Рис. 16b.

Средства, описанные выше, относятся исключительно к использованию промышленных катушек, сделанных как они обычно. Если нужно сделать катушку специально для целей проведения описанных мной экспериментов, или, в общем, чтобы она могла выдерживать максимально возможную разность потенциалов, то лучше использовать конструкцию, изображенную на Рис. 17. В этом случае катушка состоит из двух независимых частей, которые наматываются противоположно, и соединение их друг с другом делается вблизи первичной обмотки. Так как напряжение в середине равно нулю, нет особой опасности пробоя на первичную обмотку, и не требуется много изоляции. Однако в некоторых случаях среднюю точку можно подсоединить к первичной обмотке или заземлить. В такой катушке точки с наибольшей разностью потенциалов находятся далеко друг от друга, и катушка способна выдерживать огромное напряжение. Обе части могут быть подвижными, чтобы допускать небольшое регулирование емкости.

Что касается способа изолирования обмотки, то удобнее всего это делать следующим образом: Во-первых, провод следует варить в парафине, пока не выйдет весь воздух; затем намотать катушку, пропуская провод через расплавленный парафин, просто для фиксации провода. Затем обмотку снимают с каркаса катушки, погружают в цилиндрический сосуд, наполненный чистым расплавленным воском, и долгое время варят там до тех пор, пока не прекратится появление пузырьков. После этого все оставляют до полного охлаждения, далее эту массу вынимают из сосуда и обрабатывают на токарном станке. Обмотка, изготовленная подобным образом и тщательно, способна выдерживать огромные разности потенциалов.

Можно также поместить обмотку в парафиновое масло или в какое-либо другое масло; это весьма эффективный способ изолирования, в основном из-за абсолютного исключения воздуха, но в итоге выясняется, что сосуд, наполненный маслом, не очень удобно использовать в лабораторных условиях.

Если обыкновенную катушку разбирается, то первичную обмотку можно вынуть из трубки, трубку закупорить на одном конце, наполнить маслом, и снова вставить первичную обмотку.

Это обеспечивает превосходную изоляцию и препятствует образованию потоков.

Из всех экспериментов, которые можно провести с быстро переменяющимися токами, наиболее интересны те, которые касаются получения практического источника освещения. Нельзя отрицать того, что современные методы, хотя они и являются выдающимися достижениями, очень неэкономичны. Нужно изобрести лучшие методы, придумать более совершенные устройства. Современные исследования открыли новые возможности для получения эффективного источника света, и все взоры обратились в направлении, указанном талантливыми первопроходцами.

Многие были охвачены энтузиазмом и страстью к открытиям, но в своем стремлении достичь результатов некоторые пошли по неверному пути. Начав с идеи получения электромагнитных волн, они, вероятно, слишком увлеклись изучением электромагнитных сил и упустили из виду изучение электростатических явлений. Естественно, почти у каждого исследователя имелся аппарат, похожий на тот, который использовался в ранних экспериментах. Но в приборах этого вида, в то время как электромагнитные индуктивные эффекты огромны, электростатические эффекты чрезвычайно малы.

В экспериментах Герца, например, индукционная катушка высокого напряжения замыкается накоротко электрической дугой, сопротивление которой очень мало, и чем меньше, тем больше связанная с выходами емкость; и разность потенциалов на них очень сильно уменьшается. С другой стороны, когда разряд не проходит между выходами, могут быть значительными статические эффекты, но лишь качественно, а не количественно, так как их рост и падение очень резкие, и поскольку частота их невелика. Ни в том, ни в другом случае, следовательно, мощные электро статические эффекты не наблюдаются. Подобная ситуация возникает и когда, как в некоторых интересных экспериментах доктора Лоджа, Лейденские банки разряжаются пробоем. Думали, и полагаю, даже утверждали, что в этих случаях бо́льшая часть энергии излучается в пространство. В свете экспериментов, описанных мною выше, теперь так считать не станут. Я уверенно утверждаю, что в подобных случаях бо́льшая часть энергии частично поглощается и преобразуется в тепло в дуге разряда и в проводящем и изолирующем материале банки, при этом некоторое количество энергии, конечно, расходуется на электрификацию воздуха; но количество непосредственно излучаемой энергии очень мало.

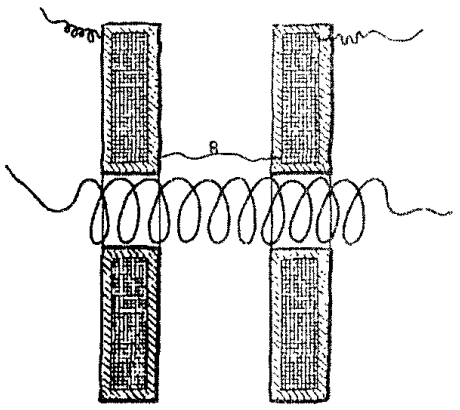


Рис. 17.

Когда выводы индукционной катушки высокого напряжения, работающей от тока с количеством перемен всего 20,000 раз в секунду, замкнуты даже через очень маленькую банку, практически вся энергия проходит через диэлектрик банки, нагревая его, и внешне электростатические эффекты проявляются очень незначительно. Теперь, внешнюю цепь Лейденской банки, а именно, дугу и соединения обкладок, можно рассматривать как цепь, генерирующую переменяющиеся токи чрезвычайно высокой частоты и достаточно высокого потенцилала, которая замкнута через обкладки и диэлектрик между ними. И из вышесказанного очевидно, что внешние электростатические эффекты должны быть очень малы, даже если использовать цепь обратного хода. Эти результаты позволяют сделать вывод о том, что используя обычно бывшие под рукой аппараты, невозможно было наблюдать мощные электростатические эффекты, и всем опытом, накопленным в этой области, мы обязяны только огромным талантам исследователей.

Но мощные электростатические силы — это непременное условие, sine qua non, получения света на указанных теорией. Электромагнитные эффекты в основном недоступны, так как чтобы достичь нужных эффектов, нам пришлось бы пропустить через проводник импульсы тока, который прекратил бы их передавать задолго до того, как была бы достигнута требуемая частота импульсов. С другой стороны, электромагнитные волны, во много раз длиннее

световых волн, и получаемые с помощью резкого разряда конденсатора, казалось бы, невозможно применить, если не воспользоваться их воздействием на проводники, как предложено в современных методах, которые неэкономичны. Мы не смогли бы воздействовать посредством этих волн на статические молекулярные или атомные заряды газа, заставляя их вибрировать и испускать свет.

Длинные поперечные волны явно не могут произвести подобное действие, так как чрезвычайно малые электромагнитные возмущения могут легко проходить по воздуху многие мили расстояния. Такие невидимые волны, если они не такой длины, как настоящие световые волны, не могут, как кажется, возбуждать светящееся излучение в Гейслеровой трубке, и я склонен рассматривать световые эффекты, получаемые с помощью индукции в трубке без электродов, как явления электростатической природы.

Чтобы получить такое свечение, требуется электростатическое усилие; независимо от своей частоты оно может нарушать равновесие молекулярных зарядов и производить свет. Поскольку импульсы тока нужной частоты не могут проходить через проводник заметных размеров, мы должны использовать газ, и тогда насущной необходимостью становится получение мощных электростатических воздействий.

Однако мне представлялось, что электростатические воздействия могут многообразно применяться для получения света. Например, мы можем поместить предмет из какого-либо жаростойкого материала в закрытую и, желательно, более или менее откачаную колбу, и подсоединить его к источнику высокого, быстро переменяющегося потенциала, заставляя молекулы газа много раз в секунду на огромной скорости ударяться об него, и этими триллионами невидимых ударов долбить его, пока он не раскалится. Или мы можем поместить тело в очень сильно откачагую колбу, в беспробойный вакуум, и, с помощью очень высоких частот и потенциалов передавать достаточное количество энергии от него к другим расположенным вблизи него телам, или, вообще говоря, его окружению, чтобы поддерживать его на любой степени накаливания. Или же мы можем с помощью таких быстро переменяющихся высоких потенциалов возмущать эфир, несомый с собой молекулами газа, или их статические заряды, заставляя их вибрировать и испускать свет.

Но так как электростатическое действие зависит от потенциала и частоты, желательно увеличить их оба настолько, насколько это практически возможно, чтобы достигнуть максимально мощнго воздействия. Может быть возможно достичь вполне удовлетворительных результатов, даже если один из этих факторов будет мал, при условии, что другой достаточно велик; но мы ограничены по обоим направлениям. Мой опыт показывает, что мы не можем уходить ниже определенной предельной частоты, так как, во-первых, потенциал тогда становится столь велик, что это опасно; и, во-вторых, получение света менее эффективно.

Я обнаружил, что при использовании обычных низких частот физиологическое воздействие тока, требуемого, чтобы поддерживать определенную степень яркости трубки длиной четыре фута, снабженной на концах внутренними и внешними конденсаторными обкладками, является настолько мощным, что оно, я думаю, может серьезно повреждить тем, кто не привычен к подобным ударам тока. В то же время при частоте чередований 20,000 раз в секунду можно поддерживать ту же степень яркости трубки без какого-либо ощутимого влияния. Это обусловлено, главным образом, тем фактом, что для достижения того же самого светового эффекта здесь требуется гораздо меньший потенциал, и также большей эффекктивностью получения света. Очевидно, что в подобных случаях эффективность тем больше, чем выше частота, так как чем быстрее процесс заряжения и разряжения молекул, тем меньше будут потери энергии в форме невидимого излучения. Но, к сожалению, мы не можем подняться выше определенной частоты из-за трудности получения и передачи воздействий.

Я уже говорил выше, что тело, помещенное в неоткачаную колбу, можно сильно нагреть, просто подсоединив его к источнику быстро переменного потенциала. В данном случае нагревание, по всей вероятности, объясняется в основном бомбардировкой молекул газа, находящегося в сосуде. Когда колба откачана, нагрев тела происходит гораздо быстрее, и

можно без каких-либо трудностей накалить проволоку или нить до любой степени просто подсоединив их к одному выводу катушки соответствующего размера. Так что, если хорошо известный прибор профессора Крукса, состоящий из изогнутой платиновой провлочки с прикрепленными к ней лопастями крыльчатки (Рис. 18), подсоединен к одному выводу катушки — подсоединяется либо один, либо оба конца конца платиновой провлочки — проволочка накаляется почти моментально, и слюдяные вертушки вращаются так, как будто использовался ток от батареи. Если тонкую угольную нить накала или, предпочтительнее, штырек из тугоплавкого металла (Рис. 19), даже если он будет сравнительно слабым проводником, поместить в откачанную колбу, то его можно раскалить очень сильно; и таким образом можно получить простую лампочку, могущую давать любую световую мощность.

Успешная работа такого рода ламп основном зависит от выбора светоиспускающего тела, находящихся внутри колбы. Поскольку в описанных условиях можно использовать

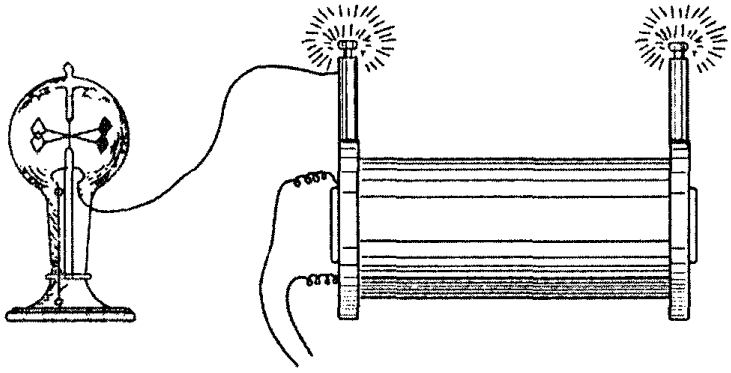


Рис. 18.

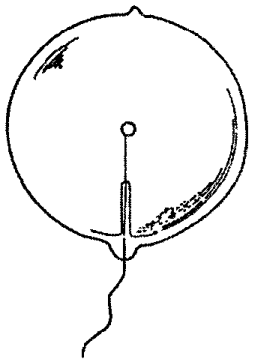


Рис. 19.

жаростойкие предметы — очень плохо проводящие ток и способные в течение долгого времени выдерживать чрезвычайно высокие температуры, — такие осветительные приборы могут стать успешными.

Сначала может показатья, что если колбу с нитью накала либо штырьком из тугоплавкого материала откачать очень хорошо — то есть, настолько, насколько это возможно сделать при помощи самых лучших аппаратов, — то нагревание было бы гораздо менее интенсивным, и что в совершенном вакууме нагревания не будет совсем. Мой опыт этого не подтверждает; совсем наоборот, чем лучше вакуум, тем легче доводятся тела до накаливания. Этот результат интересен по многим причинам.

В самом начале данной работы мне пришла мысль, нельзя ли с помощью чисто конденсаторного эффекта раскалить два предмета из тугоплавкого материала, помещенных в колбу откачанную до такой степени, что не может пройти разряд большой индукционной катушки, работающей как обычно. Очевидно, чтобы достичь такого результата требуются огромные разности потенциалов и очень высокие частоты, что следует из простых расчетов.

Но в том, что касается эффективности, такая лампа обладала бы огромным преимуществом перед обычной лампой накаливания. Хорошо известно, что эффективность лампы в некоторой мене зависит от степени накаливания, и что, если бы мы только могли довести нить во много раз большей степени накаливания, эффективность была бы намного больше. При использовании обычной лампы это неосуществимо из-за разрушения нити накала, и до какой степени целесообразно увеличивать накаливание, было выяснено опытным путем. Невозможно сказать, насколько высокую продуктивность можно было бы получить, если бы нить выдерживала накаливание неограниченно, так как, очевидно, что исследование этого вопроса далее определенной стадии провести нельзя; но есть основания полагать, что она была бы значительно выше. Можно усовершенствовать обычную лампу, использовав короткий и толстый уголь; но тогда необходимы толстые вводные провода, да и помимо этого есть множество других соображений, исходя из которых подобную модификацию совершенно неосуществимой. Но в лампе, которая описывалась выше, вводные провода могут быть очень

маленькими, накаливающийся жаростойкий материал можнет быть в форме брусков, имеющих очень малую излучающую поверхность, чтобы требовалось меньше энергии для поддерживания нужной степени накаливания. И в добавление к этому можно сказать, что необязательно использовать в качестве жаростойкого материала уголь, но он может быть изготовлен из смеси оксидов, например, с углем, или с другим материалом, или можно выбрать из тел, которые практически не проводят и способны выдерживать огромные температуры.

Всё это указывает на возможность получить с помощью подобной лампы намного более высокую эффективность, чем достижима с помощью обычных ламп. Как показывает мой опыт, бруски доводятся до высокой степени накаливания при гораздо меньших потенциалах, чем это определяемые из расчетов, и бруски можно располагать гораздо более удаленно друг от друга. Мы легко можем предположить, и это вполне вероятно, что бомбардировка молекулами — важный элемент в нагреве, даже если колба самым тщательным образом откачана, как это было у меня. Потому что хотя количество молекул, говоря сравнительно, незначительно, кроме этого из-за того, что средний свободный пробег очень велик, столкновений меньше, и молекулы могут

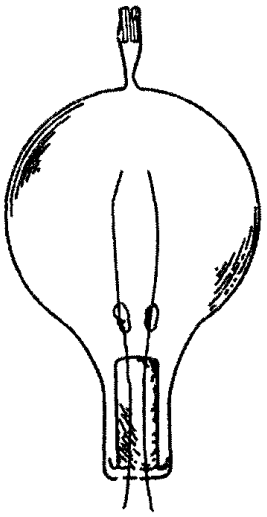


Рис. 20.

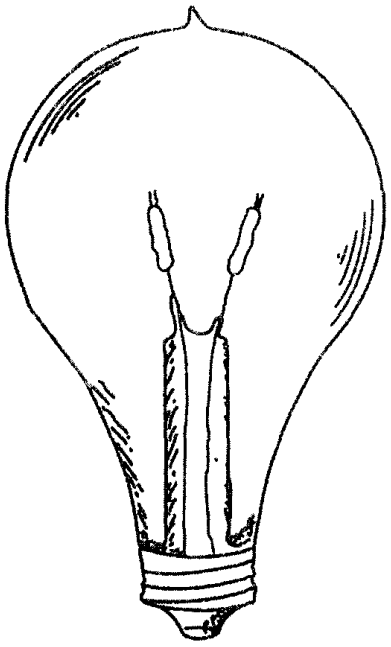


Рис. 21.

развить гораздо более высокие скорости, так что благодаря этой причине тепловой эффект может быть достаточно значительным, как в экспериментах Крукса с излучающим веществом.

Но в то же время возможно и то, что мы здесь имеем дело с возросшей легкостью потери заряда в высоком вакууме, когда потенциал быстро переменяется, в каковом случае основное нагревание было бы благодаря пульсации зарядов в нагретых телах. Или же, иначе, наблюдаемые факты могут главным образом объясняться эффекту острий, о котором я говорил ранее, вследствие которого бруски или нити накала, помещенные в вакуум, эквивалентны конденсаторам с площадью во много раз большей, чем вычисленная из их геометрическим размеров. Ученые до сих пор расходятся во мнениях по поводу того, должна или не должна происходить потеря заряда в совершенном вакууме, или, другими словами, является эфир проводником или нет. Если бы было верно первое, то тонкая нить, помещенная в полностью откачаную колбу и подсоединенная к источнику огромного постоянного потенциала, накалялась бы.

В соответствии с вышеописанным принципом я сделал и использовал различные виды ламп с жаростойкими телами в форме нитей (Рис. 20) или брусков (Рис. 21), и в этом направлении ведутся исследования. Без всякого труда достигается такая высокая степень накаливания, при которой обычный уголь, по всей видимости, плавится и испаряется. Если бы можно было достичь абсолютного вакуума, такая лампа, хотя не работающая от обычно используемых аппаратов, но запитываемая токами соответствующего характера становилась бы источником света, который никогда бы не портился и был бы намного эффективнее, чем обычная лампа

накаливания. Конечно, такого совершенства не достичь никогда, и очень медленное разрушение и постепенное уменьшение в размере всегда происходит, как в нитях накала. Но становится невозможно внезапное и преждевременное отключение из-за перегорания нити, особенно когда накаливаемые предметы сделаны в форме блоков.

При таких быстро переменяющихся потенциалах, однако, нет необходимости заключать в колбу два бруска, но можно использовать один брусок, как на Рис. 19, или нить (Рис. 22). Напряжение в данном случае, конечно, должно быть выше, но оно получается легко, и кроме того совсем не всегда является опасным.

Легкость, с которой нить или брусок в такой лампе доводятся до каления, при прочих равных условиях, зависит от размера колбы. Если бы можно было получить совершенный вакуум, размер колбы значения бы не имел, потому что тогда накаливание было бы полностью вызвано пульсацией зарядов, и вся энергия бы отдавалась в окружающую среду в виде излучения. Но на практике этого происходить не может. В колбе всегда остается некоторое количество газа, и откачку можно произвести до высочайшей степени, все же при испльзовании таких высоких потенциалов пространство внутри лампы накаливания должно рассматриваться как проводящее. И я допускаю, что при оценке количества энергии, которое может отдаваться нитью накала окружающей среде мы можем рассматривать внутреннюю поверхность лампы как одну обкладку конденсатора, а воздух и другие объекты, окружающие лампу, как другую обкладку. Без сомнения, в том случае, когда чередования очень низки, заметная часть энергии отдается через электризацию окружающего воздуха.

Для лучшего изучения данного предмета я провел несколько экспериментов с чрезвычайно высокими потенциалами и низкими частотами. При этом я наблюдал, что если поднести руку к лампе накаливания, — при этом нить накала соединена с одним из выводов катушки, — то можно ощутить мощные вибрации, образующиеся из-за притяжения и отталкивания молекул воздуха, которые электризуются посредством индукции через стекло. В некоторых случаях, когда это воздействие было очень интенсивным, я мог слышать звук, который должен вызываться той же причиной.

Когда чередования низкие, от колбы вполне можно получить очень сильный шок. Вообще, когда колбу или объекты некоторого размера подсоединяют к выводам катушки, надо следить за ростом потенциала, так как он может возникнуть от одного только подключения лампы или пластины к выводу, и потенциал может во много раз превысить свою первоначальную величину. Когда к выводам подключены лампы, как показано на Рис. 23, емкость ламп должна быть такой, чтобы при имеющихся условиях давать максимальный рост потенциала. Этим путем можно получать нужное напряжение при меньшем числе витков провода.

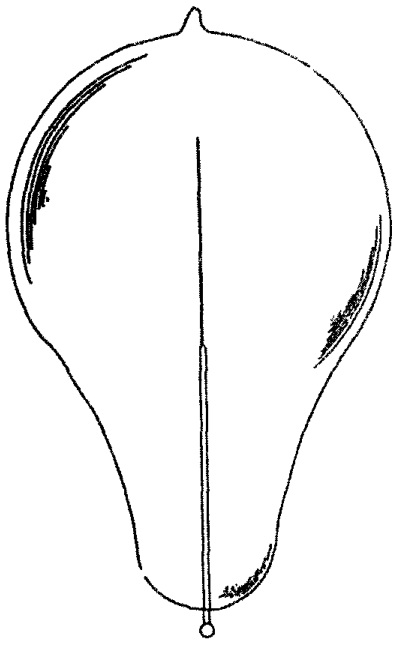


Рис. 22.

Срок службы таких ламп, как описаны выше, зависит в основном, конечно же, от степени откачки, хотя в какой-то мере и от формы бруска огнеупорного материала. Теоретически, казалось бы, маленькая сфера из углерода внутри стеклянной сферы не будет разрушаться из-за молекулярной бомбардировки, потому что, когда материя в колбе излучает, молекулы будут двигаться по прямым линиям и будут редко ударяться о сферу по косой. В связи с такой лампой возникает интересная мысль, что в ней "электричество" и электрическая энергия должны, по-видимому, двигаться одинаковым образом.

Использование переменных токов очень высокой частоты позволяет передавать посредством электростатической или электромагнитной индукции через стекло лампы

достаточное количество энергии, чтобы удерживать нить в состоянии накала и таким образом обходиться без вводных проводов. Такие лампы предлагались, но они не могли успешно работать из-за отсутствия необходимого оборудования. Я сделал и провел эксперименты с множеством видов ламп, основанных на этом принципе, с непрерывными и разрывными нитями. Когда вторичную обмотку помещают внутрь лампы, лучше соединять со вторичной обмоткой конденсатор. Когда происходит передача посредством электростатической индукции, то конечно используется очень высокое напряжение с [самыми высокими] частотами,

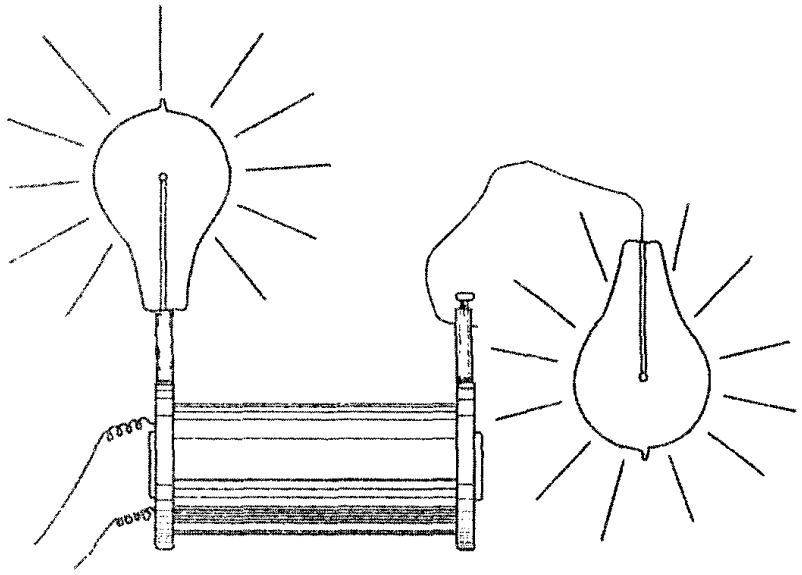


Рис. 23.

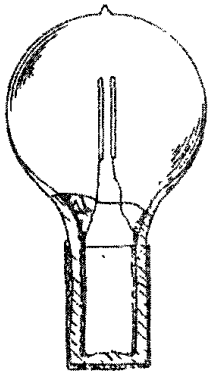


Рис. 24.

достижимыми с помощью машины. К примеру, при площади поверхности конденсатора в сорок квадратных сантиметров, что не является невыполнимо большим, и стекле хорошего качества толщиной 1 мм, при токе, переменяющемся 20 тысяч раз в секунду потребуется потенциал приблизительно в 9,000 вольт. Может показаться, что это много, но поскольку каждая лампа может быть включена во вторичную обмотку трансформатора очень малых размеров, то это не создаст никаких неудобств, и кроме того не будет приводить к фатальным травмам. Лучше, если все трансформаторы будут соединяться последовательно. Регулировка не вызовет никаких трудностей, так как при токах таких частот поддерживать константный ток очень легко.

На прилагемых рисунках приводятся некоторые виды ламп такого рода. На Рис. 24 изображена лампа с разрывной нитью накала, а на Рис. 25a и 25b лампы с одной внутренней и внешней обкладкой и одной нитью накала. Я также изготовил лампы с двумя внутренними и внешними обкладками и непрерывным контуром, соединеняющим последние. Такие лампы работали у меня от импульсов тока тех огромных частот, которые можно получить от пробойного разряда конденсаторов.

Пробойный разряд конденсаторов особенно хорошо подходит для питания таких ламп — без наружных электрических соединений, — посредством электромагнитной индукции, когда эффекты электромагнитной индукции очень сильны. И я смог получать требуемую степень накала с помощью только лишь нескольких коротких витков провода. Этим способом так же можно добиться накаливания в простой замкнутой нити накала.

Не останавливаясь на рассмотрении осуществимости и практической целесообразности подобных ламп, мне бы хотелось только сказать, что они обладают прекрасной и очень привлекательной особенностью, а именно, что их можно, когда угодно, более или менее ярко накаливать просто меняя взаимное расположение внешних и внутренних конденсаторных обкладок, или индуцирующих и индуцируемых цепей.

Когда лампа зажигается от соединения ее только с одной клеммой источника, её работу можно улучшить, снабдив колбу внешней конденсаторной обкладкой, которая одновременно служит и рефлектором, и подсоединив ее к изолированному телу некоторого размера. Лампы

такого типа изображены на Рис. 26 и 27. На Рис. 28 показаа схема соединений. Яркость лампы в данном случае может регулироваться в широких пределах путем изменения размера изолированной металлической пластины, к которой подсоединена обкладка.

Похожим образом можно реально зажигать с одним подводящим проводом лампы вроде тех, что показаны на Рис. 20 и Рис. 21, подсоединяя одну клемму лампы к одному контакту источника питания, а другую — к изолированному телу нужного размера. Во всех случаях изолированное тело служит для сброса энергии в окружающее пространство и экивалентно возвратному проводу. Очевидно, что в двух последних названных случаях вместо подсоединения проводов к изолированному телу соединение можно делать с землей.

Вероятно, наиболее впечатляющими и наиболее интересными для исследователя будут эксперименты с вакуумными трубками. Как можно ожидать, источник таких быстро переменяющихся потенциалов способен возбуждать эти трубки на большом расстоянии, и получаются замечательную световые эффекты.

Во время моих исследований в этом направлении я стремился возбуждать трубки без электродов с помощью электромагнитной индукции, делая трубку вторичной обмоткой индукционного устройства, и пропуская через первичную разряды Лейденской банки. Эти трубки были самых разных форм, и я мог получать эффекты свечения, которые, как я тогда думал, происходили полностью благодаря электромагнитной индукции. Однако, после более внимательного изучения этих явлений я обнаружил, что производимые эффекты более имели электростатическую природу. Этому обстоятельству можно приписать то, что такой вид

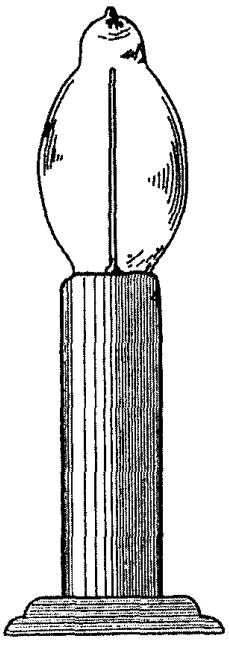


Рис. 25a.

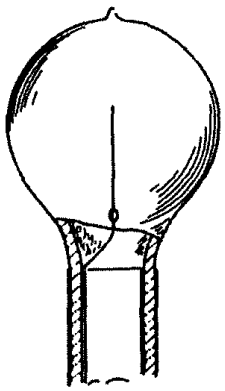


Рис. 25b.

возбуждения трубок является очень расточительным, а именно: когда первичная обмотка замкнута, то потенциал, а, следовательно, и электростатический индуктивный эффект значительно снижается.

Если используется индукционная катушка, работающая как описано выше, то без сомнения, трубки возбуждаются электростатической индукцией, и электромагнитная индукция имеет очень малое, если вообще какое-нибудь, отношение к данному явлению.

Это очевидно из многих экспериментов. Например, если экспериментатор стоять рядом с катушкой, возьмет трубку в одну руку, то трубка будет ярко светится, и свечение это будет оставаться таковым независимо от ее положения по отношению к телу экспериментатора. Будь это действие электромагнитным, трубка не могла бы светиться, когда тело экспериментатора находится между трубкой и катушкой, или же по меньшей мере это свечение значительно

уменьшилось бы. Когда трубку держат точно над центром катушки, — при этом катушка намотана секциями, и первичная обмотка расположена симметрично вторичной, — трубка может оставаться совершенно темной, тогда как она начинает интенсивно светиться, если её немного передвинуть вправо или влево от центра катушки. Она не светиться, потому что в середине обе части катушки нейтрализуют друг друга, и электрический потенциал равен нулю. Если бы действие было электромагнитным, то трубка должна была бы светиться сильнее всего в плоскости, проходящей через центр катушки, поскольку электромагнитный там эффект был бы максимальным. Когда между контактами устанавливается дуга, то кубы и лампы загухают вблизи катушки, но вновь загораются, когда дуга прерывается, по причине возрастания потенциала. Хотя электромагнитное действие должно было бы быть в обоих случаях практически одинаковым.

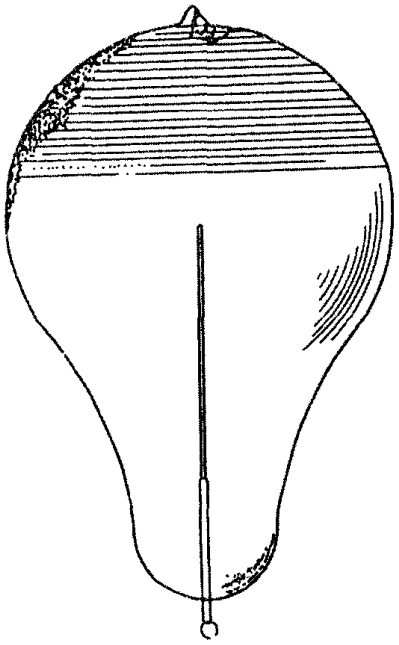


Рис. 26.

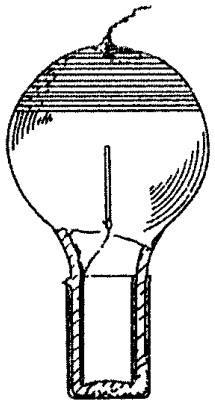


Рис. 27.

Расположив трубку на некотором расстоянии от катушки, и ближе к одному контакту, — предпочтительно в точек на оси катушки, — трубку можно зажечь, дотронувшись до удаленного контакта изолированным предметом некоторого размера или же рукой, повышая тем самым потенциал на контакте, находящемся ближе к трубке. Если трубку передвинуть ближе к катушке так, чтобы она загоралась от воздействия ближнего контакта, ее можно заставить погаснуть, держа, на изолированной поддержке, конец провода, соединеного с дальним контактом, рядом с ближним контактом, тем самым противодействуя влиянию последнего на трубку. Эти явления очевидно электростатические. Аналогично, когда трубка располагается на значительном расстоянии от катушки, то исследователь может, стоя на изолированной подставке между катушкой и трубкой, зажечь трубку приблизив к ней руку; он может даже зажечь ее, просто встав между трубкой и катушкой. Это было бы невозможно при электромагнитной индукции, поскольку тело исследователя действовало бы как экран.

Когда катушка возбуждается чрезвычайно слабыми токами, экспериментатор может, дотрагиваясь трубкой до одного контакта катушки, погасить трубку, а затем снова зажечь, удаляя трубку из контака с клеммой и давая образоваться небольшой дуге. Это является объяснением соответствующих повышений и понижений напряжения на выводе катушки. В описанном выше эксперименте, когда трубка зажигается через небольшую дугу, она может погаснуть, если дуга исчезнет, потому что электростатический индуктивный эффект сам по себе очень слабый, хотя потенциал может быть намного выше; однако, когда дуга устанавливается, электризация конца трубки гораздо больше, и в результате она светится.

Если трубку зажечь, поднеся ее близко к катушке и держа одной рукой, которая находится дальше, а другой рукой взять её в любом месте, то та часть трубки, которая находится между

руками, станет темной, и можно произвести необычный эффект стирания света, проводя быстро рукой по трубке и одновременно осторожно удаляя её от катушки, и выдерживая расстояние так, чтобы трубка оставалась в результате темной.

Если первичная катушка размещена сбоку, как например на Рис. 16b, а откачанную трубку вносят в пустое пространство с другой стороны, то трубка светится наиболее интенсивно по причине увеличенного конденсаторного действия, и в таком положении свили наиболее четко видны. Во всех этих эксериментах, да и во многих других, воздействие несомненно электростатическое.

Эффекты экранирования также указывают на электростатическую природу этих явлений и некоторым образом говорят о природе электризации через воздух. Например, если разместить трубку в направлении оси катушки и внести в промежуток изолированную металлическую пластину, то обычно яркость увеличивается, или же если трубка находится слишком далеко от катушки чтобы светиться, то ее даже можно заставить светиться внеся изолированную металлическую пластину. Сила этих эффектов в некоторой степени зависит от размера пластины. Но если металлическую пластину соединить проводом с землей, то внесение ее всегда будет гасить трубку, даже если трубка будет находиться очень близко к катушке. В общем, внесение тела между катушкой и трубкой уменьшает или увеличивает яркость трубки или ее способность загораться соответственно тому, увеличивает оно электризацию, или уменьшает. Экспериментируя с изолированной пластиной не следут брать пластину слишком большой, иначе это как правило вызовет ослабление эффекта по причине увеличения ее возможности сброса энергии в окружающую среду.

Если зажечь трубку на определенном расстоянии от катушки и внести между ними пластину из твердой резины или другого изолирующего материала, то можно заставить трубку погаснуть. В этом случае внесение диэлектрика лишь незначительно увеличивает индуктивный эффект, но значительно уменьшает электризацию через воздух.

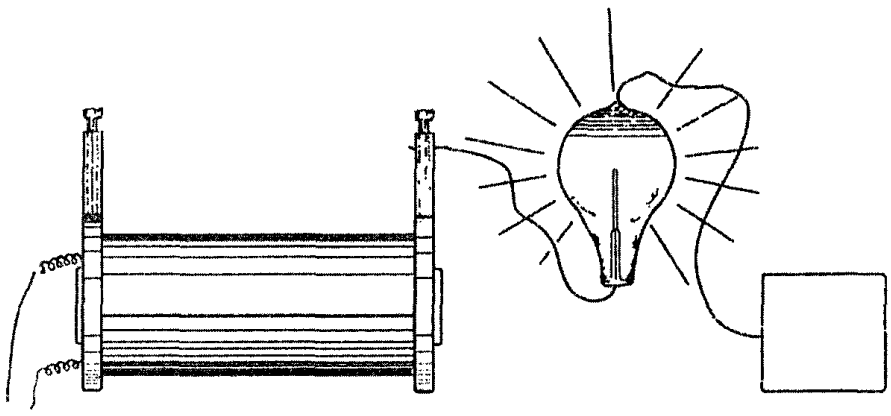


Рис. 28.

Поэтому во всех случаях, когда мы возбуждаем свечение в откачанных трубках посредством такой катушки, эффект обусловлен быстро чередующимся электростатическим потенциалом; и более того, его следует приписать гармоническим чередованиям, производимым непосредственно машиной, а не каким-либо наложенным колебаниям, существование которых можно предположить. Такие наложенные колебания невозможны, когда мы работаем с машиной переменного тока. Если пружину постепенно натягивать и отпускать, то она не производит независимых вибраций; для этого её нужно резко отпустить. То же и с переменными токами от динамо машины; среда гармонически сжимается и расжимается, вызывая тем самым только один тип волн; для возникновения наложенных колебаний существенно важно резкое возникновение контакта или его разрыв, или же резкий пробой диэлектрика, к в пробойном разряде Лейденской банки.

Во всех последних описанных экспериментах можно использовать трубки без электродов, и с их помощью можно без труда произвести достаточно света, чтобы можно было при нем читать. Световой эффект, однако, существенно увеличивается, если использовать фосфоресцентные тела, такие как иттриевое или урановое стекло, и т.п.. При использовании фосфоресцентных веществ возникнет трудность, потому что при этих сильных эффектах они постепенно улетучиваются, и предпочтительнее использовать вещество в твердом состоянии. Вместо того, чтобы при зажигании лампы зависеть от индукции на расстоянии, того же самого можно достичь с помощью внешней, а если нужно, то и внутренней конденсаторной обкладки, и ее можно расположить в любом месте в помещении, соединив с проводником, который в соединен с одним из выводов катушки; и этим способом можно получать мягкое освещение.

Однако, самый лучший способ освещения зала или комнаты — это создать там такие условия, чтобы светящееся устройство можно было бы переносить и размещать где угодно, и чтобы оно продолжало светиться независимо от местоположения и без электрического соединения с чем-либо. Мне удалось добиться таких условий благодаря созданию в помещении мощного, быстро переменяющегося электростатического поля. Для этого я подвесил металлический лист на некотором расстоянии от потолка на изолирующих шнурах и соединил его с одним выводом индукционной катушки, при этом желательно, чтобы другой вывод катушки соединялся с землей. Или в другом случае я подвесил два листа, как показано на Рис. 29, и каждый лист был соединен с одним из выводов катушки, а размер их был тщательно определен. Откачанную трубку можно держать в руке в любом месте между этих листов, или вообще в любом месте, даже на некотором расстоянии вне их, трубка все равно будет гореть.

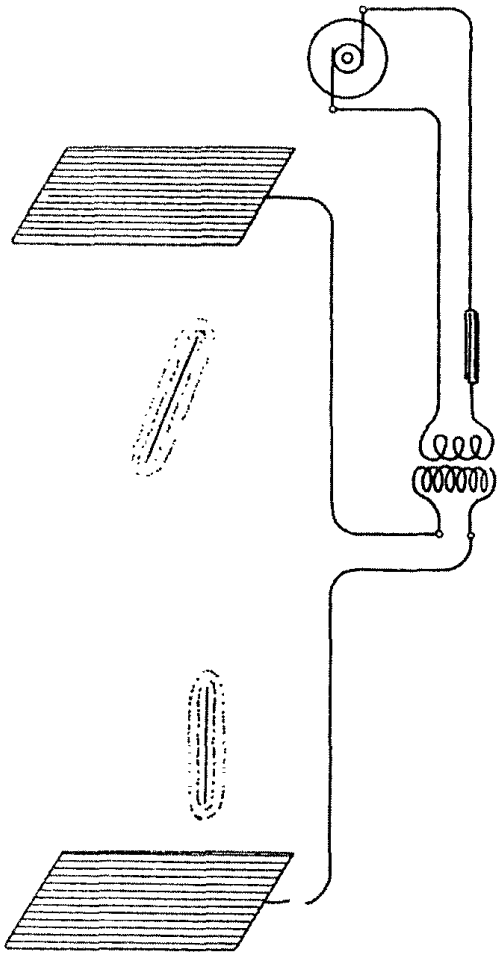


Рис. 29.

В таком электростатическом поле можно наблюдать интересные явления, особенно, если чередования поддерживаются низкими, а потенциалы — чрезвычайно высокими. Помимо упомянутых явлений свечения можно наблюдать, что любой изолированный проводник испускает искры, если поднести к нему руку или какой-либо предмет, причем искры часто могут быть мощными. Если большое проводящее тело закрепить на изолирующей стойке и поднести к нему руку, то можно ощутить вибрацию, происходящую благодаря ритмичному движению молекул воздуха, и возможно различить световые потоки, если держать руку рядом с острым выступом. Если сделать так, чтобы один или два вывода телефонного приемника соприкасались с изолированным проводником некоторого размера, то телефон будет издавать громкий звук; он также будет издавать звук, если к одному или двум выводам будет присоединен длинный провод, а при очень мощных полях звук можно различить даже когда провода нет.

Насколько этот принцип применим в практической области, покажет будущее. Можно предположить, что электростатические эффекты не подходят для осуществления подобного воздействия на расстоянии. Как кажется, электромагнитные индуктивные явления, если их можно получить для получения света, подходят лучше. Действительно, электростатические эффекты уменьшаются примерно по кубу расстоянии от катушки, тогда как электромагнитные индуктивные воздействия уменьшаются просто пропорционально расстоянию. Но если мы создадим электростатическое силовое поле, то

ситуация будет совсем другой, потому что тогда вместо разностного эффекта обоих контактов, мы получим их совместный эффект. Кроме того, мне бы хотелось привлечь внимание к эффекту того, что в переменном электростатическом поле проводник, как например откачанная трубка, стремиться вобрать как можно больше энергии, тогда как в переменном электромагнитном поле проводник стремиться вобрать энергии как можно меньше, так как волны отражаются с только лишь незначительными потерями. Есть одна причина, почему трудно возбудить откачанную трубку на расстоянии с помощью электромагнитной индукции. Я намотал обмотку очень большого диаметра и с большим количеством витков провода и подсоединил трубку Гейслера к концам катушки с целью возбуждения трубки на расстоянии. Но даже при мощных индуктивных эффектах, которые можно получить с помощью разрядов Лейденской банки, трубка могла возбуждаться только на очень малом расстоянии, хотя были определенным образом учтены и размеры катушки. Я также обнаружил, что даже самые мощные разряды Лейденской банки способны возбудить только слабые эффекты свечения в закрытой откачанной трубке, и даже эти явления по тщательном изучении я бы вынужден счесть имеющими электростатическую природу.

Как тогда мы надеемся получить желаемые эффекты на расстоянии посредством электромагнитного воздействия, если даже при максимальной близости к источнику возмущения, при самых благоприятных условиях, мы можем вызвать только лишь слабое свечение? При воздействии на расстоянии мы имеем резонанс, который и помогает нам. Мы можем соединить откачанную трубку, или другое осветительное устройство, какое бы оно ни было, с изолированной системой нужной емкости, и может увеличить эффект качественно, и только качественно, потому что мы не будем получать больше энергии через это устройство. Таким образом, мы сможем посредством резонансного эффекта получить необходимую электродвижущую силу в откачанной трубке и возбудить слабые свечения, но мы не можем получить достаточное количество энергии, чтобы сделать свет доступным практически, и простой расчет, основанный на результатах экспериментов, показывает, что даже если бы вся энергию, которую трубка будет получать на определенном расстоянии от источника, преобразовалась в свет, то и тогда это вряд ли бы удовлетворяло практическим требованиям. Следовательно, возникает необходимость направления энергии посредством проводящей цепи к месту трансформации. Но поступая так, мы не сможем заметно уйти от существующих сегодня методов, и все, что мы сможем сделать — это лишь усовершенствовать устройство.

Как видно из этих рассуждений, если и возможно практически осуществить этот идеальный способ освещения, то только с помощью электростатических эффектов. В таком случае нужны самые мощные электростатические индуктивные эффеты; таким образом, используемый аппарат должен мочь давать высокие электростатические потенциалы, с огромной быстротой меняющиеся по величине. Высокие частоты особенно хотелось бы иметь из-за того, что с практических точек зрения желательно делать потенциал пониже. При использовании машин, а точнее говоря, любого механического аппарата, получать можно только низкие частоты; следовательно, необходимо обратиться к другим средствам. Разряд конденсатора позволяет нам получить частоты гораздо более высокие, чем получаемые механически, и сооответственно, с я этой целью использовал конденсаторы в экспериментах.

В том случае, когда выводы индукционной катушки высокого напряжения, Рис. 30, подсоединены к Лейденской банке, и она пробойно разряжается в цепь, мы можем увидеть, как между шаровыми набалдашниками пляшет дуга, являясь источником чередующихся, а вообще говоря, волнообразных токов, и тогда мы должны обратиться к уже знакомой системе из генератора таких токов, соединенной с ним цепи, и шунтирующего эту цепь конденсатора. Конденсатор в этом случае является на самом деле преобразователем, а так как частота очень высокая, то можно получить практически любое соотношение силы токов в обеих ветвях [цепи]. В действительности аналогия не совсем полная, потому что в пробойном разряде мы почти всегда имеем основное мгновенное изменение сравнительно низкой частоты, и наложенное гармоническое колебание, а законы, управляющие течением токов для того и другого не одинаковы.

При таком преобразовании коэффициент преобразования не должно быть слишком большим, потому что потери в дуге между шаровыми набалдашниками растет по квадрату тока, и если банку разрядить через очень толстые и короткие проводники, намереваясь получить очень быструю осцилляцию, то очень значительная часть запасенной энергии будет потеряна. С другой стороны, слишком малые коэффициенты неприменимы по ряду очевидных причин.

Так как преобразованные токи текут по практически замкнутой цепи, электростатические эффекты обязательно малы, и поэтому я преобразую их в токи или эффекты нужного характера. Я проводил эти преобразования несколькими путями. Предпочтительный схема соединений показана на Рис. 31. Способ работы [системы] позволяет легко получать с помощью небольшого и недорогого аппарата огромные разности потенциалов, которые обычно получались посредством больших и дорогостоящих катушек. Для этого нужно только взять обычную маленькую катушку, подстроить к ней конденсатор и разрядную цепь, образующую первичную цепь маленькой вспомогательной обмотки, и преобразовать с повышением. Так как индуктивный эффект первичных токов чрезвычайно велик, вторичная катушка должна иметь относительно очень немного витков. Тщательная регулировка элементов можнет обеспечить замечательные результаты.

Стремясь получить этим способом необходимые электростатические эффекты, я встретил, как и можно было ожидать, бесчисленные трудности, которые постепенно преодолевал, однако я все еще не готов подробно рассказать о своем опыте в данном направлении.

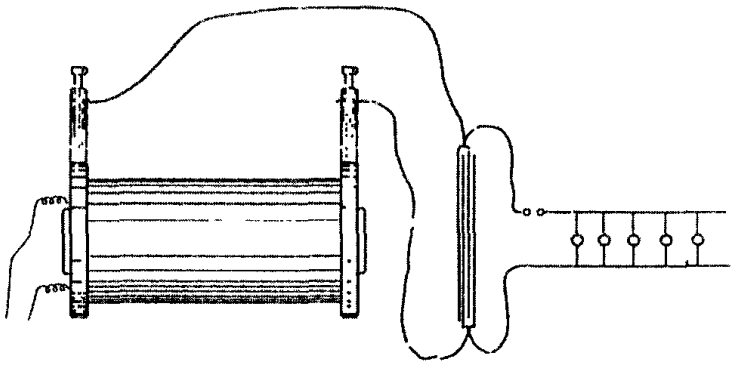


Рис. 30.

Я считаю, что пробойный разряд конденсатора будет играть огромную роль в будущем, потому что он открывает огромные возможности, и не только в области более эффективного получения света и в направлении, обозначенном теорией, но также и во многих других отношениях.

Многие годы усилия изобретателей были направлены на получение электрической энергии из тепла с помощью термостолбика. Замечание, что лишь немногие знают, каковы настоящие трудности с термостолбиком, может показаться несправедливым. Это не неэффективность или маленький выход, — хотя и они являются огромными недостатками, — главный факт состоит в том, что у термобатареи есть своя филлоксера, то есть, что при постоянном использовании она разрушается, и это до сей поры служило помехой для использования термостолбика в промышленном масштабе. И сегодня, когда все современные исследования по-видимому совершенно определенно указывают на использовании электричества очень высокого напряжения, перед многими должен встать вопрос, а почему невозможно практически осуществимым способом получать такую форму энергии из тепла. Мы привыкли смотреть на электростатическую машину как на игрушку, и она ассоциируется у нас с чем-то неэффективным и неприменимом практически. Но сегодня мы должны думать по-другому, потому что сейчас мы знаем, что везде имеем дело с одними и теми же силами, и чтобы они стали доступны — это просто вопрос изобретения соответствующих методов или устройств.

В существующих сегодня системах распределения электричества применение железа, обладающего чудесными магитными свойствами, позволило нам существенно уменьшить

размеры оборудования; однако, несмотря на это, он все еще очень громоздкий. Чем больше мы продвигаемся в изучении явлений электричества и магнетизма, тем больше уверяемся в том, что сегодняшние методы продержатся недолго. По меньшей мере, для выработки света такие тяжеловесное оборудование, по-видимому, ненужно. Потребная энергия очень мала, и поэтому если можно получать свет так же эффективно, как, теоретически, представляется возможным, то аппарат должен иметь очень малую мощность. Поскольку есть очень большая вероятность, что в будущих методах освещения будут использоваться очень высокие потенциалы, было бы очень желательно разаработать приспособление, позволяющее преобразовывать энергию тепла в энергию в нужной форме. О сделанном в данной области почти нечего сказать, потому что работе исследователей в этом направлении мешала мысль о том, что электричество напряжением в 50,000 или 100,000 вольт или больше, даже если его получить, не сможет применяться практически.

На Рис. 30 показана схема соединений для преобразования токов высокого в токи низкого напряжения посредством пробойного разряда конденсатора. Эту схему я часто использовал для питания нескольких ламп накаливания, которые были нужны в лаборатории. Я столкнулся с некоторыми трудностями, связанными с дугой разряда, но мне удалось в полной мере преодолеть их; кроме них и регулировки, необходимой для нормальной работы, мне не встретилось никаких других трудностей, и было достаточно легко питать таким способом обычные лампы и даже моторы. Когда линия заземлена, со всеми проводами можно работать совершенно безопасно, независимо от того, насколько высоко напряжение на выводах конденсатора. В этих экспериментах для зарядки конденсатора использовалась индукционная катушка высокого напряжения, работающая от батареи или от машины переменного тока; но индукционную катушку можно замененить другим устройством, способным вырабатывать электричество такого же высокого напряжения. Таким образом могут преобразовываться и постоянные, и переменные токи, и в обоих случаях импульсы тока могут быть любой нужной частоты. Когда токи, заряжающие конденсатор, одного направления, и нужно, чтобы преобразованные токи также были одного направления, то необходимо, конечно же, выбрать такое сопротивление разрядной цепи, чтобы не было колебаний.

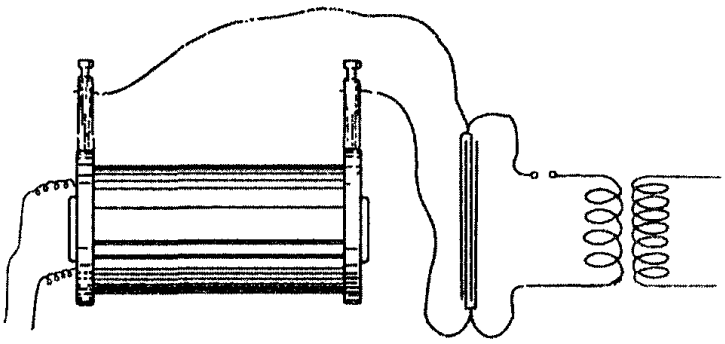


Рис. 31.

При работе устройств по описанной выше схеме я наблюдал любопытные явления импеданса, которые достаточно интересны. Например, если толстый медный прут изогнуть как показано на Рис. 32 и шунтировать обычными лампами накаливания, то тогда пропуская разряд между шаровыми набалдашниками можно довести лампы до накаливания, хотя они и замкнуты накоротко. При использовании большой индукционной катушки легко получить на пруте узлы, которые можно увидеть по разному уровню свечения ламп, как схематично показано на Рис. 32. Точно определить узлы никогда нельзя, они просто являются максимумами и минимумами потенциалов вдоль прута. Вероятно они возникают из-за нерегулярности дуги между шарами. В целом же, когда используется описанная выше схема преобразования высокого напряжения в низкое, можно подробно изучить поведение пробойного разряда. Узлы можно еще исследовать с помощью обычного вольтметра Кардью, который должен быть хорошо изолированным. Трубки Гейслера также могут светиться между [узловыми] точками изогнутого прута; в данном случае, конечно же, лучше использовать меньшие емкости. Я обнаружил, что подобным образом реально можно зажечь лампу и даже трубку Гейслера, шунтированную коротким толстым куском металла, и вначале этот результат кажется очень любопытным. На

самом деле, чем толще медный прут на Рис. 32, тем лучше для успеха этих экспериментов, и тем большее впечатление они производят. Когда используются лампы с длинными тонкими нитями накала, то очень часто можно наблюдать, что нити накала время от времени начинают очень сильно вибрировать, и наименьшие вибрации происходят в узловых точках. Скорее всего, эти вибрации возникают вследствие электростатического взаимодействия между нитью накала и стеклом лампы.

В некоторых из описанных выше экспериментов лучше использовать специальные лампы с прямой нитью накала, как показано на Рис. 33. Когда используется такая лампа, то можно наблюдать явление еще более любопытное, чем предыдущее. Лампа помещается поперек медного прута и светится, и используя немного большую мощность или, другими словами, меньшие частоты или меньший импульсный импеданс, нить накала можно доводить до любой желаемой степени накала. Но когда импеданс увеличиватеся, то наступает такая стадия, когда через угольный электрод идет сравнительно малый ток, а его основная часть идет через разреженный газ; или возможно более правильно утверждать, что ток делиться между ними примерно поровну, несмотря на огромную разницу сопротивления, и утверждение остатся справедливым, пока газ и нить накала не начинают вести себя по-другому. Далее мы видим, что вся лампа начинает ярко светиться, а концы вводных проводов раскаляются и часто выбрасывают искры вследствие очень сильной бомбардировки, но угольная нить остается темной. Это показано на Рис. 33. Вместо нити накала можно использовать одинарную проволоку, идущую через всю лампу, и в этом случае явление будет казаться еще более интересным.

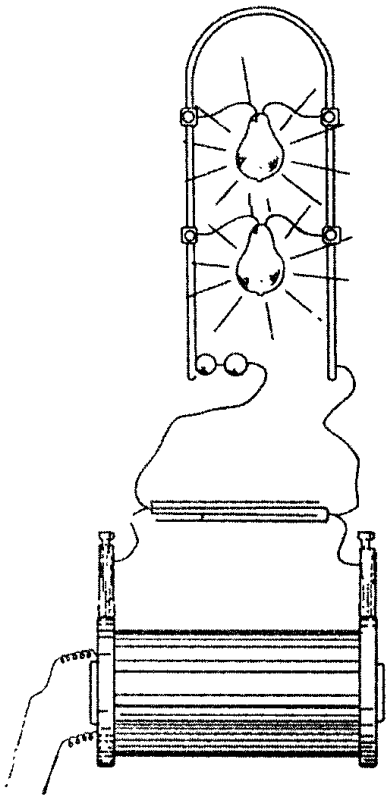


Рис. 32.

Из вышеописанного эксперимента очевидно, что когда обычные лампы питаются от преобразованного тока, лучше взять те, у которых платиновые проволочки находятся далеко друг от друга, и не следует использовать слишком высокие частоты, иначе может возникнуть разряд на концах нити накала или в основании лампы между вводными проводами, и лампа испортится.

Предоставляя вам результаты своего исследования рассматриваемого предмета, я лишь вскользь упомянул многие факты, о которых я мог бы рассказывать очень долго, и из огромного множества наблюдений я выбрал лишь те, которые, как мне казалось, будут вам наиболее интересны. Эта область очень обширна и совершенно не изучена, и на каждом шагу открывается что-то новое, встречаются новые факты.

Будущее покажет, насколько обнаруженные результаты получат практическое применение. Что же касается получения света, то некоторые из достигнутых уже результатов весьма ободряющие, и они убеждают меня в том, что практическое осуществление задачи лежит именно в том направлении, на которое я старался обратить внимание. И все же, какова бы ни была сиюминутная польза от этих экспериментов, я надеюсь, что они помогут подняться еще на одну ступень в продвижении к идеальному и законченному решению. Возможности, открываемые современными исследованиями, настолько огромны, что даже самые сдержанные должны ощутить оптимизм при взгляде в будущее. Выдающиеся ученые считают задачу использования одного вида излучения отдельно от других целесообразной. В аппарате, созданном для производства света путем преобразования любой формы энергии в энергию света подобный результат получить невозможно, потому что неважно, каким способом получают необходимые колебания, будь они электрическим, химическим или каким-либо

другим, невозможно будет получить более выскочастотные световые колебания, не пройдя через более низкие тепловые. Задача состоит в придании телу определенной скорости не проходя через все меньшие скорости. Но существует возможность получения энергии не только в форме света, но и в форме движущей силы, и в виде любых других форм энергии, неким более прямым способом от среды. Наступит время, когда эта задача будет решена, и придет время, когда кто-нибудь сможет произнести эти слова перед просвещенной аудиторией, и на него не будут смотреть как на мечтателя. Мы кружимся в бесконечном пространстве с невероятной скоростью, все вокруг нас вращается, все движется, повсюду энергия. Должен существовать какой-то способ, чтобы мы могли воспользоваться этой энергией более непосредственным образом. И когда, наконец, из среды будет получен свет, когда будет получена энергия, когда любую форму энергии люди будут получать без особых усилий из неисчерпаемого вечно существующего источника, человечество пойдет вперед гигантскими шагами. Одно только предположение о таких чудесных возможностях будоражит наши умы, укрепляет наши надежды и наполняет наши сердца величайшей радостью.

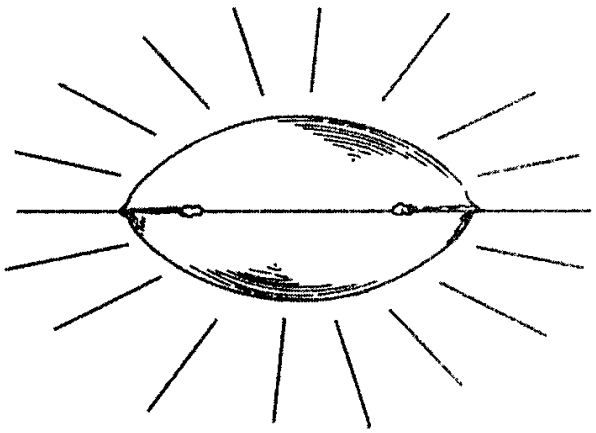


Рис. 33.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ПЕРЕМЕННЫМИ ТОКАМИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ*

У меня нет слов, чтобы выразить, сколь глубоко я ощущаю честь выступить перед выдающимися мыслителями нашего времени, а также перед столь многими талантливыми учеными, инженерами и электротехниками этой страны — величайшей по своим научным достижениям.

Результаты, которые я имею честь предложить вниманию уважаемой аудитории, я не могу назвать моими собственными. Среди вас найдется немало людей, которые с бОльшим основанием, нежели я, могут поставить себе в заслугу то или иное научное достижение, содержащееся в данной работе. Я думаю, нет необходимости упоминать многие имена, известные во всем мире, — имен тех из вас, кто являются признанными лидерами в этой прекрасной науке; но по меньшей мере одно я упомянуть должен — это имя, которое не может быть обойдено молчанием при подобной демонстрации. Оно связывается с самым прекрасным изобретением, когда-либо сделанным: это Крукс!

Когда я еще учился в колледже, а было это довольно давно, я прочел, правда в переводе (в то время я еще недостаточно хорошо владел вашим замечательным языком), описания его экспериментов по излучающей материи. Я прочел их всего лишь раз в своей жизни — именно тогда, — но и по сей день я могу вспомнить каждую подробность этой выдающейся работы. И мало таких книг, позвольте сказать, которые могут произвели столь глубокое впечатление на ум студента.

Но если я по нынешнему случаю упоминаю это имя как одно из тех, которыми может гордиться ваш институт, то потому, что у меня есть на то более, чем одна причина. Потому что то, что я намереваюсь вам рассказать и показать сегодняшним вечером, по большому счету относится к тому самому непонятному миру, который так искусно исследовал профессор Крукс. И более того, когда я пытаюсь восстановить ход моих мыслей и проанализировать, что же привело меня к этим результатам, — которые даже я сам не могу рассматривать как незначительные, поскольку они получили столь высокую оценку с вашей стороны, — я понимаю, что истинной причиной, которая подвигнула меня на работу в этом направлении и привела к этим результатам, после долгого периода постоянных размышлений, была та небольшая захватывающая книга, которую я прочитал много лет назад.

А теперь, когда я сделал слабую попытку выразить ему свое почтение и признательность, равно как и вам, моя вторая попытка — привлечь Ваше внимание — я надеюсь, окажется не столь слабой.

Позвольте в нескольких словах представить Вам предмет моего выступления.

Не так давно я имел честь представить Американскому Электротехническому Институту некоторые результаты, полученные мной к тому времени в новом направлении. Думаю, нет необходимости убеждать Вас в том, что многочисленные проявления интереса к этой работе со стороны английских ученых мужей и инженеров были для меня большой наградой и ободрили меня. Я не буду глубоко вдаваться в уже описанные эксперименты, за исключением тех случаев, когда возникнет необходимость представить в завершенном виде, или более четко изложить,

---

* Лекция прочитана в IEE (The Institution of Electrical Engineers) , Лондон, Февраль 1892 г.

некоторые идеи, которые я выдвигал ранее, или же чтобы придать исследованиям, представляемым здесь, законченность, а моим замечаниям по теме сегодняшней лекции — согласованность.

Разумеется, эти исследования касаются переменных токов, а точнее, переменных токов высокого потенциала и высокой частоты. Насколько важна очень высокая частота для получения представляемых результатов — это вопрос, на который мне трудно ответить даже при всем моем опыте в этой области. Некоторые эксперименты можно провести при низких частотах, но очень высокие частоты предпочтительнее, и не только потому, что с их помощью было получено множество эффектов, но и как удобное средство получения, применяя индукционное устройство, высоких потенциалов, которые в свою очередь необходимы для получения большинства из экспериментов, которые я намереваюсь здесь продемонстрировать.

Среди множества направлений в изучении электричества, возможно, наиболее интересным и многообещающим является то, которое касается переменного тока. В этом направлении за последние годы прогресс оказался настолько велик, что оправдывает самые оптимистичные надежды. Вряд ли мы хотя бы один факт стал нам близко знаком и привычен, когда мы сталкиваемся с новым опытом, и новые открываются новые широкие дороги для исследований. Даже прямо сейчас мы лишь частично осознаем открываемые применением этих токов возможности, о которых раньше нельзя было даже мечтать. Как в природе все приходит и уходит, есть приливы и отливы, все есть волновое движение, так по-видимому и во всех отраслях индустрии всем правят переменные токи — электрическое волновое движение.

Возможно, одной из причин, почему этот раздел науки получил столь быстрое развитие, стал интерес к ее экспериментальному изучению. Мы наматываем на простое железное кольцо катушки; подключаем к генератору, и с удивлением и восхищением обнаруживаем эффекты загадочных сил, которые мы вызвали к действию, сил, которые позволяют нам преобразовывать, передавать и направлять энергию так, как нам захочется. Мы собираем соответствующие электрические цепи и видим, как масса железа и проводов ведет себя как будто она наделена жизнью, посредством невидимых связей вращая тяжелый якорь с огромной силой и скоростью — и от энергии, получаемой, возможно, с большого расстояния. Мы наблюдаем, как проявляет себя энергия проходящего через провод переменного тока, — и не столько в самом проводе, сколько в окружающем пространстве, — самым удивительным образом, принимая формы тепла, света, механической энергии, и, что самое удивительное из всего, химического сродства. Все эти наблюдения очаровываю нас, и вызывают в нас сильнейшее желание узнать больше о природе этих явлений. Каждый день мы идем на работу с надеждой на открытие, с надеждой на то, что кто-то, не важно кто, сможет решить одну из множества больших проблем, ожидающих решения. И каждый раз на следующий день мы возвращаемся к нашим задачам с еще большим рвением. И даже когда наши усилия остаются безуспешными, наша работа не пропадает впустую, поскольку во всех этих усилиях и стараниях мы провели множество часов непередаваемого наслаждения, и наша энергия была направлена на благо человечества.

Мы можем выбрать — если Вы захотите, наугад, — любой из множества экспериментов, которые можно провести с переменными токами. Из них только несколько, причем никоим образом не самые впечатляющие, составляют предмет этой демонстрации нынешним вечером. Все они в равной мере интересны, и в равной мере наталкивают на размышления.

Вот простая стеклянная трубка, из которой частично выкачан воздух. Я беру ее в руку; я привожу свое тело в контакт с проводом, несущим переменные токи высокого потенциала, и трубка в моей ярко сияет. В какое бы положение я не поместил ее, куда бы я ее не переместил в пространстве — докуда я могу дотянутся, — приятный свет продолжает светить с неослабевающей яркостью.

Вот откачанная колба, подвешенная на одном проводе. Я становлюсь на изолированную подставку, хватаюсь за нее рукой, и платиновый электрод, вмонтированный в нее, ярко раскаляется.

Вот другая колба, подключенная к вводному проводу, которая как только я прикасаюсь к ее металлическому патрону, заполняется величественными цветами фосфоресцирующего света.

А вот еще одна, которая от прикосновения моих пальцев отбрасывает тень — тень Крукса, от ножки внутри нее.

Вот вновь, изолируясь как только встаю на изолированную подставку, я устанавливаю контакт между моим телом и одной из клемм вторичной обмотки индукционной катушки, — длина этого провода катушки составляет несколько миль, — и вы видите, как бьют лучи света из ее дальнего конца, который начинает сильно вибрировать.

А вот сейчас я подсоединяю эти две пластины из проволочной ткани к клеммам катушки, располагаю их на некотором расстоянии друг от друга, и подаю на катушку ток. Вы можете видеть прохождение маленьких искр между пластинами. Я помещаю между ними толстую пластину из одного из лучших диэлектриков, и при этом, вместо прекращения потока искр, как мы привыкли ожидать, я вызываю прохождение разряда, который, по мере того, как я вставляю пластину, только меняет свой вид и принимает форму светящихся потоков.

Позвольте Вас спросить, может ли быть ли что-нибудь более интересное, нежели исследование переменных токов?

Во всех этих исследованиях, во всех этих экспериментах, которые очень, очень интересны, вот уже на протяжении многих лет — с тех пор как величайший экспериментатор, который выступал в этом зале, открыл ее принцип, — вместе с нами наш постоянный спутник, приспособление, известное всем и каждому, некогда игрушка, а ныне предмет необычайной важности — индукционная катушка. Нет приспособления дороже электротехнику. От самого знающего из вас, осмелюсь сказать, до неопытного студента, до вашего докладчика, все мы провели много прекрасных часов экспериментируя с индукционной катушкой. Мы наблюдали ее в действии, и немало думали и размышляли над прекрасными явлениями, которые она открывала нашим восхищенным взорам. Это устройство стало настолько известным, настолько знакомы эти явления для всех, что мужество несколько покидает меня, когда я подумаю, что решился выступать перед столь знающей аудиторией, что отважился развлечь вас все той же старой темой. Здесь перед вами на самом деле тот же самый аппарат и те же самые явления, только аппарат будет работать несколько иначе, и явления предстанут в другом аспекте. Некоторые результаты этих опытов мы находим такими, какими и ожидали, некоторые удивляют нас, но все пленяют внимание, потому что в научном исследовании каждый новый полученный результат может стать центром нового направления, каждый новый познанный факт может привести к важным выводам.

Обычно при работе с индукционной катушкой мы вызываем в первичной обмотке колебания небольшой частоты при помощи либо прерывателя или размыкателя, либо генератора переменного тока. Ранние английские исследователи, достаточно упомянуть только Спотсвуда и Гордона, использовали соединенный с катушкой быстрый размыкатель. Наши сегодняшние знания и опыт позволяют ясно увидеть, почему катушки в условиях тех испытаний не являли каких-либо значительных явлений, и почему сильным экспериментаторам не удалось заметить множество удивительных эффектов, которые наблюдались впоследствии.

В таких экспериментах как сегодняшний мы питаем катушку либо от генератора переменного тока специальной конструкции, который может давать многие тысячи обращений тока в секунду, либо пробойно разряжая конденсатор через первичную обмотку. При этом мы вызываем в во вторичной обмотке колебания с частотой во много сотен тысяч, а если захотим — то и в миллионы, в секунду. И используя любой из этих способов мы вступаем в область еще не изученную.

Так не бывает, чтобы исследования в какой-либо новой области не привели бы к какому-нибудь интересному наблюдению или заслуживающему внимания факту. Тому, что это утверждение в полной мере применимо к предмету настоящей лекции, служит убедительным доказательством то множество интереснейших и неожиданных явлений, которые мы наблюдаем. В качестве иллюстрации можно привести например самые очевидные явления,

явления разряда индукционной катушки.

Вот катушка, работающая от токов, колеблющихся с огромной быстротой, получаемых с помощью пробойного разряда Лейденской банки. У студента не вызовут удивление, если лектор скажет, что вторичная обмотка этой катушки состоит из небольшой длины сравнительно толстого провода; не удивит его и если лектор сообщит, что несмотря на это, катушка может давать любое напряжение, какое только способна выдержать лучшая изоляция витков. Но даже если студент может быть подготовлен или даже индифферентен к результату, все же вид разряда катушки удивит и заинтересует его. Каждый знаком с разрядом обычной катушки; воспроизводить его здесь не нужно. Но вот, для контраста, форма разряда катушки, в первичный ток которой колеблется несколько сотен тысяч раз в секунду. Разряд обычной катушки имеет форму линии или полосы света. Разряд этой катушки возникает в форме мощных щеток и светящихся потоков, исходящих изо всех точек двух прямых проводов, подключенных к клеммам вторичной обмотки (Рис. 1).

А теперь сравните это явление, свидетелями которого Вы только что были, с разрядом машины Гольца или Вимшурста — еще одного интересного устройства, столь дорогого экспериментатору. Какая разница между этими явлениями! И еще, сделай я необходимые приготовления, — а сделать их было бы довольно непросто, не мешай это другим экспериментов, — я мог бы произвести с помощью этой катушки искры, которые, спрячь я от Ваших взоров катушку оставив видимыми только шары, даже самый внимательный наблюдатель из Вас, с трудом смог бы, если смог бы вообще, отличить бы от искр инфлюационной [электрофорной] или фрикционной машины. Это можно сделать многими путями — например, с используя индукционную катушку, которая заряжает конденсатор от генератора переменного тока очень низкой частоты, при этом желательно настроив разрядную цепь так, чтобы в ней не возникали колебания. Тогда мы получаем на вторичной цепи, при условии, разумеется, что шары нужного размера и установлены правильно, более или менее быструю последовательность искр огромной интенсивности и малого количества, столь же яркие и сопровождающиеся таким же звуком, напоминающим треск, как и получаемые от фрикционной или инфлюационной [электрофорной] машины.

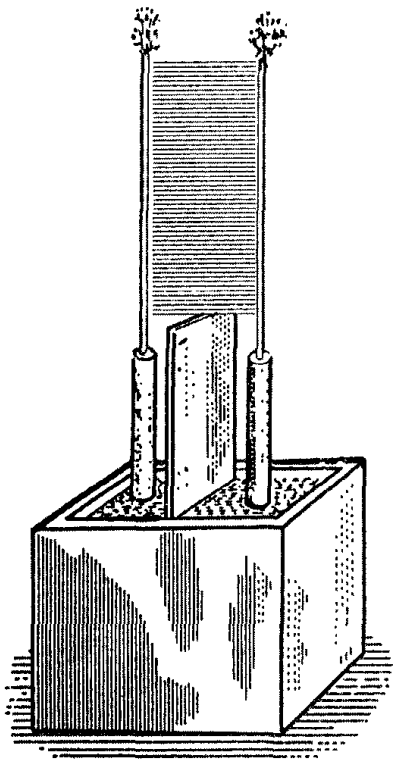


Рис. 1.

Другой способ — это пропустить через две первичные цепи, имеющие общую вторичную, токи, имеющие слегка разный период, что производит во вторичной цепи искры, возникающие через сравнительно долгие интервалы. Но у меня может получиться имитировать искру машины Гольца даже с помощью тех средств, которыми есть под рукой в этот вечер. Для этого я установлю между выводами катушки, заряжающей конденсатора, длинную неустойчивую дугу, которая периодически прерывается производимым ею восходящим потоком воздуха. Чтобы усилить поток воздуха, я помещаю на каждой стороне дуги близко к ней по большой пластине слюды. Конденсатор, заряжающийся от этой катушки, разряжается в первичную цепь второй катушки через небольшой воздушный зазор, который необходим для того, чтобы обеспечить резкий всплеск тока через первичную. Схема соединений данного эксперимента показана на Рис. 2.

G — обычный генератор переменного тока, который подает ток на первичную обмотку P индукционной катушки, вторичная обмотка S которой заряжает конденсаторы или банки $C\,C$. Выводы вторичной обмотки подключены к внутренним обкладкам банок, а внешние обкладки подключены к концам первичной обмотки $p\,p$ второй индукционной катушки. В первичной $p\,p$

имеется небольшой воздушный зазор *a b*.

Вторичная обмотка *s* этой катушки снабжена двумя шарами или сферами *K K* соответствующего размера, установленных на подходящем для этого эксперимента расстоянии.

Между выводами *A B* первой индукционной катушки устанавливается дуга. *M M* — слюдяные пластины.

Каждый раз, когда дуга между точками *A* и *B* прерывается, банки быстро заряжаются и разряжаются через первичную обмотку *p p*, производя проскакивающую с треском между шарами *K K* искру. Когда между точками *A* и *B* устанавливается дуга, потенциала падает, и банки не могут зарядиться до такого потенциала, чтобы пробить воздушный зазор *a b*, до тех пор, пока воздушный поток вновь не разорвет дугу.

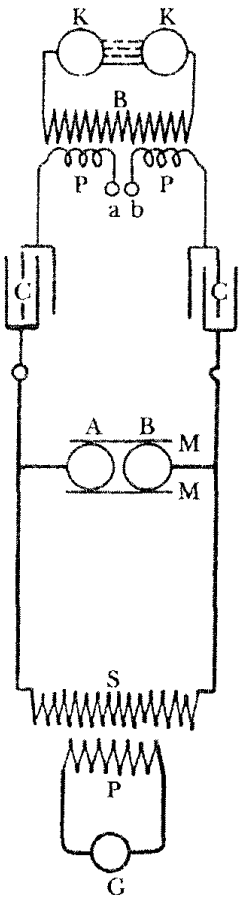


Рис. 2.

Таким образом, в первичной обмотке *p p* получаются резкие импульсы с большими интервалами, которые дают во вторичной обмотке *s* соответствующее количество импульсов большой мощности. Если шары или сферы *K K* имеют подходящий размер, то искры обнаруживают большое сходство с искрами от машины Гольца.

Но эти два эффекта, которые для глаза представляются столь различными, это лишь два из огромного множества разрядных эффектов. Стоит нам лишь слегка изменить условия испытания, и мы снова получим новые интересные наблюдения.

Если вместо запитывания индукционной катушки как двух в последних экспериментах, мы запитаем ее от генератора переменного тока очень высокой частоты, как в следующем эксперименте, то систематическое изучение этих явлений станет значительно намного легче. В этом случае, при изменении силы и частоты тока через первичную обмотку, мы можем наблюдать пять различных форм разрядов, которые я описывал в своей предыдущем выступлении по данной теме* перед Американским Электротехническим Институтум 20 Мая 1891 г.

Воспроизведение перед Вами всех этих форм разрядов заняло бы очень много времени и слишком далеко увело бы нас от основной темы сегодняшнего вечера, но одну из них мне все-таки хотелось бы вам показать. Это кистевой электрический разряд, который интересен более чем в одном отношении. При рассмотрении вблизи он очень напоминает струю газа, выходящего под большим давлением. Мы знаем, что это явление возникает благодаря возбуждению молекул вблизи контакта, и ожидаем, что должно будет образовываться некоторое тепло от столкновений молекул с контактом или друг с другом. И в самом деле, мы обнаруживаем, что кисть горячая, и даже непродолжительные размышления приводят нас к заключению, что если бы мы только смогли достичь достаточно высоких частот, то могли бы получить кисть, которая бы давала сильный свет и тепло, и которая во всех отношениях напоминала бы обычное пламя, за исключением, возможно, того, что эти два явления могут обуславливаться не одим и тем же агентом, — за исключением того, что химическое сродство может не быть электрическим по своей природе.

Поскольку образование света и тепла здесь обусловлено воздействием молекул или атомов воздуха, или чего-то еще помимо этого, и поскольку мы можем увеличивать энергию простым повышением потенциала, то, даже при частотах, получаемых от динамо машины, мы могли бы усилить эффект до такой степени, что нагрели бы контакт до плавления. Но при столь низких частотах нам постоянно пришлось бы иметь дело с чем-то, относящимся к природе электрического тока. Если я поднесу предмет из проводящего материала к кистевому разряду,

* См. Журнал "The electrical World" от 11 июля 1891 года.

то проскочит маленькая тонкая искра, хотя даже при тех частотах, которые мы используем здесь сегодня, тенденция к образованию искр не очень велика. Так, например, если я буду держать металлическую сферу на определенном расстоянии над контактом, то Вы сможете увидеть, что все пространство между контактом и сферой освещено потоками без прохождения искр; и даже при гораздо более высоких частотах, которые можно получить с помощью пробойного разряда конденсатора — не будь это для мощных импульсов, уоторые относительно немногочислены, — искрения не возникает даже на очень небольших расстояниях. Однако при несравнимо более высоких частотах, которые мы еще может быть найдем способы эффективно получать, и при условии, что эти электрические импульсы таких высоких частот могут передаваться через проводник, электрические характеристики кистевого электрического разряда исчезнут полностью — не будет никаких искр, не будет ощущаться никакого удара электрическим током, — и это несмотря на то, что при этом мы будем продолжать иметь дело с электрическим явлением, но в широком, современном пониманию этого слова. В своем первом выступлении, о котором уже упоминалось, я отмечал любопытные свойства кистевого разряда и описывал наилучший метод его получения, но я подумал, что мне есть смысл более точно выразиться относительно этого явления, потому что оно приобретает все больший и больший интерес.

Когда на катушку подаются токи очень высокой частоты, даже если это катушка сравнительно малых размеров, можно получить прекрасные по красоте эффекы кистевого разряда. Экспериментатор может по-разному менять их, и даже сами по себе они являются прекрасным зрелищем. Что делает их еще интереснее это что их можно получать как с одного вывода, так и с двух — на самом деле, с одной даже лучше, чем с двух.

Но наиболее красивы для глаз, наиболее поучительны изо всех наблюдаемых разрядных явлений те, которые происходят, когда на катушку подается пробойный разряд конденсатора. Если все параметры аккуратно отрегулированы, мощность кистей, обилие искр производят часто изумительное впечатление. Даже с очень маленькой катушкой, если она изолирована настолько хорошо, что может выдерживать разность потенциалов в несколько тысяч вольт на виток, искры могут быть столь обильными, что вся катушка кажется единой массой огня.

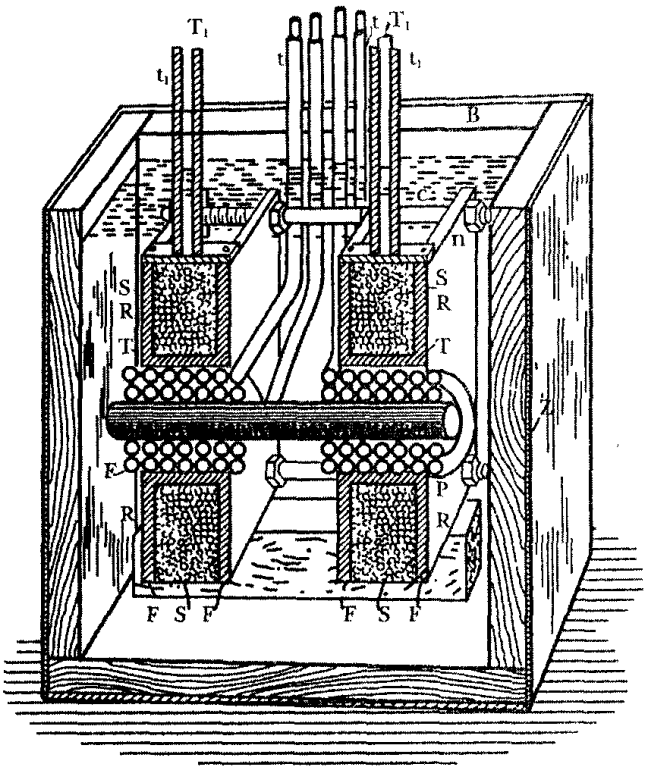


Рис. 3.

Довольно любопытно, что когда выводы катушки расположены на значительном расстоянии, кажется, искры разлетаются во всех возможных направлениях, как будто контакты совершенно независимы друг от друга. Поскольку искры могут быстро разрушить изоляцию, это нужно предотвратить. Лучше всего погрузить катушку в какой-нибудь хороший жидкий изолятор, например, в прокипяченное масло. Погружение в жидкость можно считать практически абсолютно необходимым условием для ее надежной и продолжительной работы.

Разумеется, невозможно в рамках одной экспериментальной лекции, когда в распоряжении лектора всего несколько минут для проведения каждого эксперимента, показать эти разрядные явления наилучшим образом, так как чтобы получить каждое из явлений в его наилучшем виде, требуются очень тщательные настройки. Но даже если они получатся не самым лучшим образом, как вероятно будет сегодня, они достаточно впечатляющи, чтобы заинтересовать такую аудиторию.

Перед тем как продемонстрировать Вам некоторые из этих любопытных эффектов, я должен для полноты картины дать краткое описание катушки и других устройств, используемых в сегодняшних экспериментах с пробойным разрядом.

Она находится внутри ящика *B* (Рис.3) из толстых досок прочного дерева, с внешней стороны покрытого цинковым листом *Z*, который плотно спаян со всех сторон. В точных научных исследованиях, когда очень важна точность, рекомендуется рекомендуется обходиться без металлического покрытия, поскольку оно может стать причиной многочисленных ошибок, в основном из-за его сложного воздействия на катушку как в роли конденсатора очень малой емкости, так и в качестве электростатического и электромагнитного экрана. Когда катушка используется в таких экспериментах, как сегодняшние, применение металлического покрытия дает ряд практических преимуществ, но они не настолько важны, чтобы в них вдаваться.

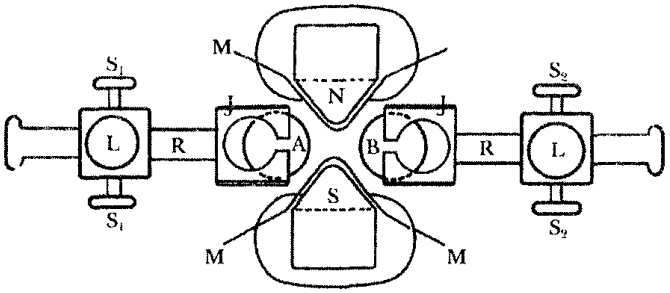


Рис. 4.

Катушка должна располагаться в ящике симметрично по отношению к металлическому покрытию, и пространство между катушкой и покрытием, конечно, должно быть не слишком маленьким, скажем, не меньше пяти сантиметров, а если возможно, то и больше. И особенно те две стороны цинкового ящика, которые расположены под прямыми углами к оси катушки, должны быть достаточно далеко последней, иначе они могут существенно ухудшить ее работу и стать источником потерь.

Катушка состоит из двух бобин из твердой резины *R R*, разнесенных на расстояние 10 сантиметров друг от друга при помощи болтов *c* и гаек *n*, тоже из твердой резины. Каждая бобина состоит из трубки *T* с внутренним диаметром около 8 сантиметров и толщиной 3 миллиметра, на которую навинчены два фланца *F F*, квадраты [со стороной] 24 сантиметра, расстояние между фланцами около 3 сантиметров. Вторичная обмотка *S S*, намотанная из лучшего провода с гуттаперчевым покрытием, имеет 26 слоев, по 10 витков в каждом, что в сумме для каждой половины составляет 260 витков. Две половины обмотки намотаны противоположно друг другу и соединены последовательно, причем соединение обеими частей сделано через первичную обмотку. Такое расположение частей, помимо того, что оно удобно, имеет еще то преимущество, что когда катушка хорошо сбалансирована, — то есть когда оба ее вывода T_1 T_1 подсоединены к телам либо устройствам одинаковой емкости, — то опасность возникновения пробоя через первичную обмотку практически сводится на нет, и не обязательно делать толстой изоляцию между первичной и вторичной обмотками. При использовании этой катушки желательно подключать к обеим ее выводам устройства с примерно одинаковой емкостью, поскольку если емкость выводнов разная, то велика вероятность прохождения искр на первичную обмотку. Чтобы этого избежать, можно соединить среднюю точку вторичной обмотки с первичной, но это не всегда осуществимо.

Первичная обмотка *P P* намотана из двух частей, противоположно, на деревянную бобину *W*, и все четыре вывода выведены наружу через слой масла по толстым трубкам из твердой резины *t t*. Выводы вторичной обмотки T_1 T_1 также выведены наружу через масло по очень толстым резиновым трубкам t_1 t_1. Слои первичной и вторичной обмоток изолированы хлопковой тканью, разумеется, в некоторой пропорции по толщине от разности потенциалов между витками различных слоев. Каждая половина первичной обмотки состоит из четырех слоев, по 24 витка в каждом, что в сумме составляет 96 витков. Когда обе части первичной

обмотки соединяются последовательно, это дает коэффициент преобразования примерно 1:2.7, а когда параллельно, то 1:5.4. Однако при работе с очень быстро переменяющимся током этот коэффициент не дает даже примерного представления об отношении электродвижущих сил в первичной и вторичной цепях. Катушка удерживается в своем положении в масле на деревянных опорах, причем толщина масляного слоя повсюду вокруг катушки составляет около 5 сантиметров. Когда масло не обязательно, пространство вокруг катушки заполняется кусочками дерева, и для этого главным образом и используется деревянный ящик *B*, который все окружает.

Разумеется, представленная здесь конструкция далеко не лучшая по общим принципам, но я считаю, что она достаточно хороша и удобна для воспроизведения эффектов, в которых нужны очень большой потенциал и очень малый ток.

Совместно с катушкой я использую разрядник либо обычного вида, либо модифицированного. В первый я внес два изменения, которые обеспечивают некоторые преимущества, и которые очевидны. Если я и упоминаю о них, то только в надежде, что какой-нибудь экспериментатор найдет их полезными.

Одно из изменений, это что регулируемые шары *A* и *B* (Рис. 4) разрядника удерживаются в латунных зажимах *J J* давлением пружины, что позволяет поворачивать их разными сторонами, тем самым избавляя экспериментатора от нудной процедуры чатой их полировки.

Другое изменение состоит в использовании сильного электромагнита *N S*, который располагается так, чтобы его ось находилась под прямыми углами к линии, соединяющей шары *A* и *B*, и создает между ними сильное магнитное поле. Полюсные части магнита двигаются и имеют такую форму, что высовываются между латунными шарами, чтобы создавать поле насколько возможно интенсивное; а для того, чтобы на магнит не проскочил разряд, его полюсные части защищены слоем слюды *M M* достаточной толщины. $s_1 s_1$ и $s_2 s_2$ — это

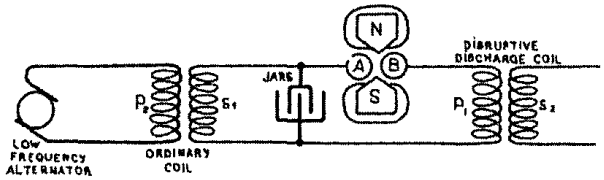


Рис. 5.

болты для крепления проводов. С каждой стороны один из болтов предназначен для крепления большого провода, а другой малого. *L L* — болты для фиксирования в определенном положении стержней *R R*, на которых держатся шары.

В другой компоновке с магнитом я беру разряд между самими закругленными полюсными частями, которые в этом случае покрываются изоляцией и желательно снабжаются отполироваными латунными набалдашниками.

Применение мощного магнитного поля дает определенные выгоды главным образом когда индукционная катушка или трансформатор, от который заряжает конденсатор, работает от токов очень низких частот. В этом случае количество основных разрядов между шарами может оказаться настолько мало, что получаемый во вторичной обмотке ток для многих экспериментов не подходит. Мощное магнитное поле служат тогда чтобы гасить дугу между шарами, как только та формируется, и основные разряды идут в более быстрой последовательности.

Вместо магнита с определенным успехом можно использовать и воздушную тягу или поддув. В этом случае дуга предпочтительно устанавливается между шарами *A B*, на Рис.2 (шары *a b* либо соединены, либо вообще убраны), поскольку при таком расположении дуга длинная и нестабильная, и легко поддается воздействию потока воздуха.

Если для прерывания дуги применяется магнит, то выбрать соединение, показанное схематически на Рис. 5, поскольку в этом случае токи, образующие дугу, гораздо мощнее, и магнитное поле оказывает огромное влияние. Использование магнита позволяет заменить дугу

вакуумной трубкой, но при работе с откачаной трубкой я столкнулся с огромными трудностями.

На Рис. 6 и 7 показана другая форма разрядника, используемого в этих и схожих с ними экспериментах. Он состоит из множества латунных элементов *c c* (Рис. 6), каждый из которых имеет сферическую среднюю часть *m*, продолговатую нижнюю часть *e*, — она служит только для крепления детали в токарном станке во время полировки разрядной поверхности, — и верхнюю часть. Верхняя часть состоит из выпуклого фланца *f*, заканчивающегося стрежнем *l* с резьбой. На него навинчивается гайка *n*, при помощи которой к верхней части разрядника крепится провод. Фланец *f* служит, чтобы держать латунную деталь когда крепится провод, а

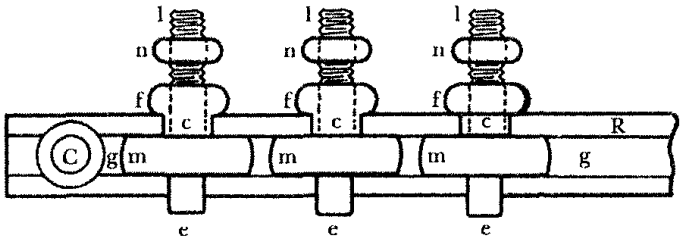


Рис. 6.

также для поворачивания в любую сторону, когда нужно подставить свежую разрядную поверхность. Две толстые резиновые полоски *R R* (Рис. 7) с желобками *g g*, вырезанными под средние части *c c* деталей, служат для более плотного закрепления деталей в своем положении при помощи двух болтов *C C* (на рисунке представлен только один из них), проходящих через концы резиновых полосок.

Я обнаружил три очень важных преимущества, которые дает использование такого типа разрядника по сравнению с разрядником обычной формы. Во-первых, если вместо одного воздушного зазора есть множество мелких, то диэлектрическая прочность воздушного промежутка той же суммарной толщины значительно возрастает, что позволяет работать с меньшией длиной воздушного зазора, а это означает меньшие потери и меньший износ металла. Во-вторых, по причине разделения одной большой дуги на множество меньших дуг полированые поверхности служать значительно дольше. И в-третьих, этот аппарат позволяет выполнять определенную калибровку в ходе экспериментов. Обычно я при помощи листов однородной толщины выставлял элементы на определенном очень маленьком расстоянии, для которого из экспериментов сэра Вильяма Томсона известна определенная электродвижущая сила, требующаяся для искрового пробоя через него.

Разумеется, следует помнить, что с увеличением частоты значительно уменьшается искровой промежуток. Беря любое количество зазоров, экспериментатор получает грубое представление об электродвижущей силе и может легче повторять эксперимент, поскольку без проблем может вновь и вновь выставлять зазор между набалдашниками. При помощи разрядника такого типа мне удавалось поддерживать колебания, при которых невооруженным глазом никаких искр между набалдашниками не наблюдалось, и не происходило сильно ощутимого повышения их температуры. Оказалось также, что такая форма разрядника хорошо подходит для использования во множестве схем с конденсаторами и цепями, которые часто очень удобны и экономят время. Я в основном использовал его в схемах, схожих с представленным на Рис. 2, когда образующие дугу токи малы.

Здесь можно было бы упомянуть опробованные мной разрядники с одним или со множеством воздушных зазоров, у которых разрядные поверхности с большой скоростью вращались вокруг своей оси. Однако этот метод не дал никаких особенных преимуществ, за исключением тех случаев, когда токи от конденсатора были большими, и нужно было поддерживать разрядные поверхности холодными, а также в случаях, когда разряд сам не осциллировал, и дуга, как только она устанавливалась, прерывалась потоком воздуха, тем самым приводя к быстрой последовательности колебаний. Я также применял многичисленными способами и механические прерыватели. Для избежания трудностей с фрикционными контактами в была подобрана следующая предпочтительная схема: установить дугу и вращать

через нее с большой скоростью слюдяной обод с большим количеством отверстий, закрепленный на стальной пластине.

Понятно конечно, что использование магнита, потока воздуха, или другого прерывателя производит достойный упоминания эффект, только если между самоиндукцией, емкостью и сопротивлением нет такого соотношения, что есть колебания, которые устанавливаются после каждого прерывания.

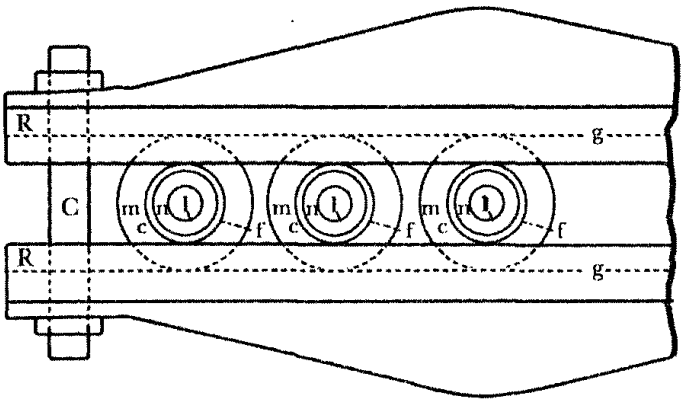


Рис. 7.

А сейчас я постараюсь показать Вам некоторые из наиболее интересных среди этих разрядных явлений.

Я натянул вдоль комнаты два обычных провода, покрытых хлопковой изоляцией, каждый длиной около 7 метров. Они поддерживаются на изолированных шнурах на расстоянии примерно 30 сантиметров. А сейчас я подключаю к каждому выводу катушки один из проводов и включаю ее. Если в комнате выключить освещение, то Вы увидите, что провода ярко освещены потоками света, исходящими изо всей их поверхности проводов несмотря на хлопковую изоляцию, которая даже может быть довольно толстой. Если эксперимент проводится при хороших условиях, то интенсивность света от проводов позволяет различать предметы в комнате. Для наилучшего результата, разумеется, нужно тщательно отрегулировать емкость банок, дугу между сферами и длину проводов. По своему опыту могу сказать, что в данном случае расчет длины приводов не дает вообще никакого результата. Самое лучшее, что может сделать экспериментатор, это изначально взять провода очень большой длины и постепенно отрезать от них куски, сначала длинные, затем меньше и меньшь — до тех пор, пока не дойдет до правильной длины.

В этом и схожих с ним экспериментах довольно удобно задействовать конденсатор очень малой емкости, состоящий из двух небольших регулируемых металлических пластин. В этом случае я беру провода значительно короче и первоначально устанавливаю пластины конденсатора на максимальном расстоянии друг от друга. Если при сближении пластин конденсатора интенсивность света возрастает, то это означает, что длина проводов близка к оптимальной, если же свечение уменьшается, то длина проводов слишком велика для данной частоты и потенциала. Если в экспериментах с такой катушкой применяется конденсатор, то это всегда должен быть масляный конденсатор, потому что если использовать воздушный конденсатор, то возможны значительные потери энергии. Провода, подходящие к пластинам, находящимся в масле, должны быть очень тонкими, покрыты толстым слоем какого-нибудь изоляционного материала, и с проводящей оплеткой — она должна желательно идти и под поверхностью масла. Проводящая оплетка не должна быть слишком близко к клеммам, или концам, провода, иначе с провода на нее может пройти искра. Проводящее покрытие служит для уменьшения воздушных потерь, благодаря тому, что играет роль электростатического экрана. Что касается размеров сосуда, в котором находится масло, и размеров пластин, то даже грубая проба сразу же даст экспериментатору представление о том, какими они должны быть. Тем не менее, размеры пластин в масле можно расчитать, поскольку диэлектрические потери очень малы.

В предыдущем эксперименте было бы весьма интересно узнать, как зависит количество излучаемого света от частоты и потенциала электрических импульсов. Мое мнение, что производимые тепловой как и световой эффекты должны быть пропорциональны, — при прочих равных условиях испытания, — произведению частоты на квадрат потенциала, но экспериментальное подтверждение этого закона, как бы оно ни проводилось, было бы чрезвычайно трудным. Во всяком случае, ясно одно: при увеличении потенциала и частоты мы быстро усиливаем интенсивность потоков света; и, хотя это и звучит может быть излишне обнадеживающе, в целом можно надеяться, что в разработке и практическом производстве таких источников света можно добиться успеха. Тогда мы будем просто использовать горелки или огни, в которых не происходит никаких химических процессов, в которых не происходит никаких затрат материалов, а только передача энергии, и которые, по всей вероятности, будут давать больше света и меньше тепла, нежели обычное пламя.

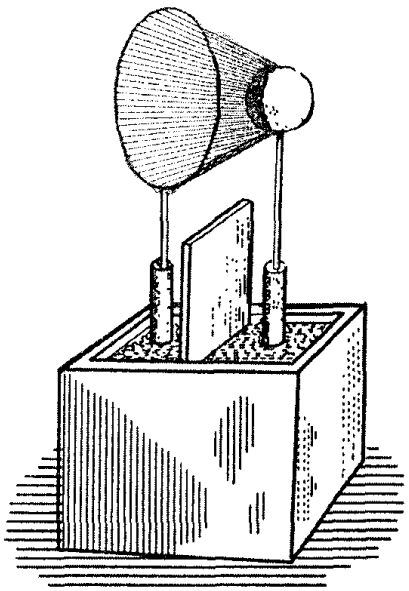


Рис. 8.

Конечно, интенсивность лучей света, если их фокусировать на небольшой поверхности, значительно возрастает. Это можно продемонстрировать на следующем эксперименте.

Я подсоединяю к одному из выводов катушки провод *w* (Рис. 8) и сгибаю его в петлю диаметром около 30 сантиметров, а к другому выводу подсоединяю небольшую латунную сферу *s*. Желательно, чтобы площадь петли была примерно равна площади сферы, и центр сферы располагался на линии, проходящей через центр петли под прямым углом к ее плоскости. Если разряд образуется при надлежащих условиях, то образуется полый светящийся конус, и в темноте ярко освещается одна половина сферы, как это показано на врезке.

При помощи небольших манипуляций концентрировать лучи света на небольших поверхностях и получать сильные световые эффекты довольно просто. В результате два тонких провода могут стать источниками сильного света.

Чтобы увеличить интенсивность световых лучей, провода должны быть очень тонкие и короткие, однако, поскольку в этом случае их емкость будет обычно слишком малой для катушки, по крайне мере для такой катушки, как представленная в данном эксперименте, то нужно увеличить емкость до требуемой величины, в то же время сохраняя поверхность проводов очень малой. Этого можно достичь многими способами. Например, вот у меня две пластины *R R* из твердой резины (Рис. 9), на которые я наклеил два очень тонких провода *w w*, которыми написано имя. Провода могут быть оголенными или с самым лучшим изолирующим покрытием — это для успеха данного эксперимента несущественно. Но все же хорошо изолированные провода предпочтительнее. Тыльная сторона каждой пластины, на рисунке она затенена, покрыта фольгой *t t*. Пластины расположены на одной линии и на значительном расстоянии друг от друга, чтобы избежать прохождения искры с одного провода на другой. Фольгу на обеих пластинах я соединил между собой при помощи проводника С, и сейчас подсоединяю оба провода к выводам катушки. Теперь варьируя силу и частоту тока через первичную обмотку, довольно просто найти точку, в которой емкость системы наилучшим образом соответствует остальным условиям, и тогда провода начинают светиться так сильно, что если в помещении выключить освещение, то написанное проводами имя засияет яркими буквами.

Возможно, при проведении этого эксперимента, предпочтительнее использовать катушку, работающую от генератора переменного тока высокой частоты, поскольку тогда, благодаря гармоническому подъему и падению [тока], потоки света получаются очень однородными, хотя они и менее яркие, чем те, что получаются с нынешней катушкой. Подобный эксперимент

можно провести и с помощью тока низкой частоты, но намного менее удовлетворительно.

Когда два провода, подключенные к выводам катушки, расположены на нужном расстоянии друг от друга, потоки между ними могут быть столь интенсивными, что образуют сплошную световую поверхность.

Для того, чтобы продемонстрировать это явление, у мня имеются два круглых контура *C* и *c* (Рис. 10) из довольно толстого провода, один около 80 сантиметров в диаметре, а другой — около 30 сантиметров. К каждому из выводов катушки я подключил один из этих контуров. Поддерживающие провода изогнуты таким образом, что контуры можно насколько возможно точно поместить в одной плоскости. Если в помещении выключить освещение и включить катушку, то Вы увидите, что все пространство между проводами заполнено потоками, образующими светящийся диск, и интенсивность потоков настолько велика, что диск виден даже на довольно большом расстоянии. Внешний контур мог бы быть значительно большего диаметра, нежели тот, что сейчас перед Вами. На самом деле, с этой катушкой я использовал контуры гораздо большего диаметра, и мне удавалось получать ярко светящуюся поверхность,

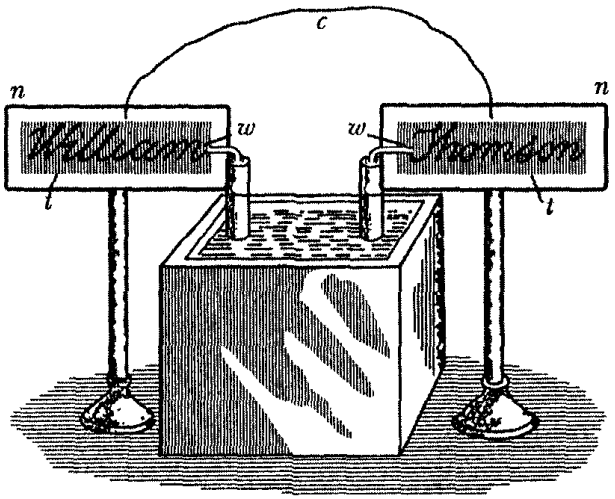


Рис. 9.

покрывающую площадь более одного квадратного метра, что для такой маленькой катушки является заметным достижением. Чтобы избежать непредвиденных осложнений в сегодняшнем эксперименте, я взял контур поменьше, и площадь составляет около 0.43 квадратных метра.

Частота колебаний тока и быстрота чередований искр между шарами в заметной степени влияют на вид потоков. Когда частота очень низкая, воздух поддается воздействию более или менее так же, как при постоянной разнице потенциалов, и потоки состоят из отдельных нитей, обычно перемежающихся тонкими искрами, которые видимо соответствуют последовательным разрядам, происходящим между шарами. Но когда частота очень большая, и дуга разряда производит очень низкий, но ровный звук, — показывая тем самым и что есть колебания, и что чередование искр происходит с большой скоростью, — тогда образующиеся светящиеся потоки совершенно однородны. Для получения такого результата следует использовать очень маленькие катушки и банки очень малой емкости. Я беру две трубки из толстого богемского стекла диаметром около 5 сантиметров и около 20 сантиметров длиной. В каждую из этих трубок я засовываю первичную обмотку из очень толстого медного провода. Сверху на каждую трубку я наматываю вторичную обмотку из гораздо более тонкого провода с гуттаперчевым покрытием. Две вторичных обмотки я соединяю последовательно, а первичные обмотки лучше соединить параллельно. Затем я помещаю трубки в большой стеклянный сосуд на расстоянии 10-15 сантиметров друг от друга на изолированных креплениях и заполняю сосуд прокипяченным маслом. Уровень масла возвышается над трубками примерно на дюйм. Свободные концы вторичной обмотки выводятся наружу из масла и располагаются параллельно друг другу на расстоянии около 10 сантиметров. Зачищенные концы должны находиться в масле. Для создания разрядов через первичную обмотку можно использовать две четырехпинтовые банки, соединенные последовательно. Когда проведена необходимая

регулировка длины проводов над поверхностью масла и расстояния между ними, а также разрядной дуги, то между проводами образуется совершенно ровная, без какой-либо структуры светящаяся поверхность, подобная обычному разряду в трубке со умеренной степенью откачки.

Я совершенно сознательно остановился столь подробно на этом кажущемся незначительным эксперименте. Опыты подобного рода приводит экспериментатора к поразительному умозаключению, что для прохождения обычных светящихся разрядов через газовы не требуется какая-либо определенная степень разреженности газа, но что газ может находиться при обычном и даже при повышенном давлении. Для осуществления этого важна очень высокая частота; высокий потенциал также необходим, но это только второстепенное и сопутствующее требование. Эти эксперименты учат нас, что в попытках открыть новые методы получения света посредством возбуждения атомов, или молекул, газа нам не следует ограничиваться в своих исследованиях вакуумной трубкой, а можно вполне серьезно рассматривать возможность получения световых эффектов вообще без использования каких-либо сосудов, в воздузе при обычном давлении.

Вероятно, подобные разряды очень высокой частоты, которые заставляют воздух светиться при обычных давлениях, нам часто доводится наблюдать в Природе. У меня нет сомнения, что если, как считают многие, северное сияние возникает в результате резких космических возмущений, таких как взрывы на поверхности Солнца, которые вызывают колебания электростатического заряда Земли с чрезвычайно высокой частотой, то наблюдаемое красное свечение не ограничивается верхними воздушными слоями, но разряд проходит по причине его высокой частоты также и в плотную атмосферу в виде свечения, подобного тому, которое мы обычно получаем в слабо откачаной трубке. Если бы частота была очень низкой, и даже более того, если бы заряд не колебался вовсе, плотный воздух пробивался бы так же, как при разряде молнии. Признаки такого пробоя нижних плотных слоев воздуха неоднократно наблюдались при появлении этого удивительного явления. Но если такой пробой действительно возникает, то объяснить его можно только фундаментальными возмущениями, число которых очень невелико, потому что колебания, производимые ими, были бы слишком быстрыми для того, чтобы произошел пробойный разряд. Это первичные и нерегулярные импульсы, которые воздействуют на наши приборы; накладывающиеся колебания, скорее всего, проходят незамеченными.

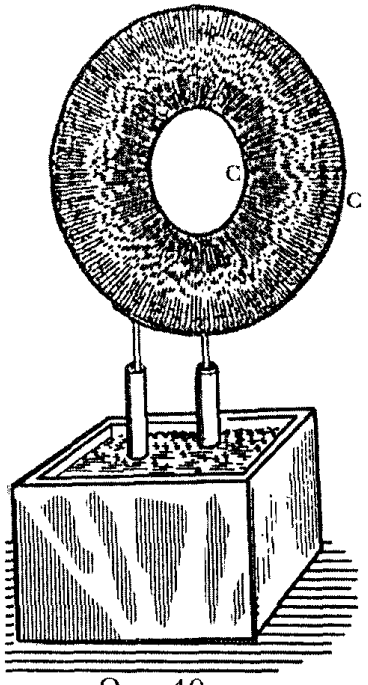


Рис. 10.

Когда обычный низкочастотный разряд пропускается через умеренно разреженный воздух, то воздух приобретает пурпурный оттенок. Если при помощи тех или иных средств мы увеличим интенсивность колебаний атомов, или молекул, то цвет воздуха сменится на белый. Похожее изменение происходит при обычных давлениях при электрических импульсах очень высокой частоты. Если молекулы воздуха вокруг провода умеренно возбуждены, то образующийся кистевой разряд имеет красный или фиолетовый цвет. Если же колебания делаются достаточно интенсивными, то потоки становятся белыми. Мы можем добиться этого различными способами. В эксперименте, продемонстрированном ранее, с двумя проводами, протянутыми через зал, я старался достигнуть результата подняв до очень высоких значений и частоту, и потенциал. В эксперименте с тонкими проводами, приклеенными к резиновым пластинам, я сконцентрировал воздействие тока на очень малой поверхности. Другими словами — я работал с огромной электрической плотностью.

Самая любопытная форма разряда получается в эксперименте с такой катушкой, когда частота и потенциал поднимаются до предела. Чтобы выполнить этот эксперимент, необходимо, чтобы каждая часть катушки была очень хорошо заизолирована, и на воздухе

находились только две маленькие сферы — а еще лучше, два стальных диска с острыми краями (*d d* Рис. 11) диаметром не больше нескольких сантиметров. Применяемая здесь катушка погружена в масло, а концы вторичной обмотки, выходящие наружу из масла, покрыты очень толстой непроницаемой для воздуха оболочкой из твердой резины. Любые трещины, если таковые появляются, должны быть тщательно заделаны для того, чтобы кистевой разряд не мог возникнуть нигде, кроме как на маленьких сферах, или пластинах, которые выснуты на воздух. В данном случае, поскольку отсутствуют какие-либо большие пластины или иные тела с большой емкостью, подключенные к клеммам, катушка способна на очень быстрые колебания. Потенциал можно поднимать, насколько считает нужным экспериментатор, путем увеличения скорости изменения первичного тока. Если катушка не сильно отличается от этой, то лучше всего соединить две первичных обмотки параллельно; но если вторичная обмотка будет иметь гораздо большее число витков, то тогда лучше соединять первичные обмотки последовательно. В противном случае колебания могут оказаться слишком частыми для вторичной обмотки. В этих условиях с краев дисков извергаются нечеткие белые потоки, которые наподобие фантомов расходятся во все стороны. Если эта катушка сделана хорошо, то длина их около 25 — 30 сантиметров. Если поднести к ним руку, то никаких ощущений нет. Искра, которая может вызвать удар электрическим током, проскакивает с вывода только если руку поднести совсем близко. Если тем или иным образом сделать колебания тока в первичной обмотке прерывистыми, то это вызовет соответствующее трепетание потоков, и тогда руку или другое проводящее тело можно подносить значительно ближе к выводу, не рискуя вызвать проскок искры.

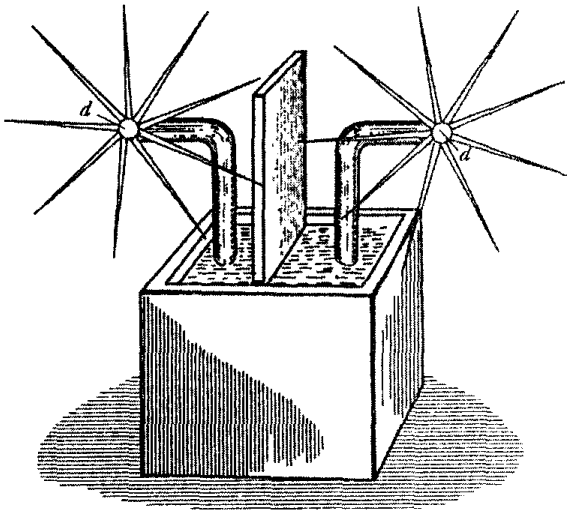


Рис. 11.

Среди множества очень красивых явлений, которые воспроизвести при помощи этой катушки, я выбрал только те, которые обнаруживают особенности, имеющие определенную новизну, и могут привести нас к некоторым интересным умозаключениям. Ни для кого не составит особого труда с ее помощью получить в лаборатории много других явлений, еще более приятных для глаз, нежели представленные здесь, но они не содержат в себе никакой новизны.

Ранние эксперименты описывают появления искр, полученных с помощью обычной большой индукционной катушки, падающих на изолированную пластину, разделяющую выводы. Совсем недавно Сименс провел некоторые эксперименты, в которых были получены прекрасные эффекты, с большим интересом наблюдавшиеся множеством людей. Несомненно, большие катушки, даже если они работают от токов низких частот, могут производить очень красивые эффекты. Тем не менее, даже самая большая когда-либо сделанная катушка не смогла бы дать даже тот величественный эффект потоков и искр, получаемый с помощью такой вот катушки с пробойным разрядом, надлежащим образом настроенной. Для общего представления, катушка, такая как эта, может легко покрыть полностью потоками пластину диаметром 1 метр. Чтобы провести подобные эксперименты наилучшим образом, следует взять очень тонкую резиновую или стеклянную пластину, на одну сторону приклеить узкое кольцо большого диаметра из оловянной фольги, а на другую — круглую шайбу, чтобы центр шайбы совпадал с центром кольца, и желательно, чтобы площадь шайбы и площадь кольца были примерно одинаковыми, для хорошей сбалансированности катушки. Шайба и кольцо должны быть подсоединены к выводам хорошо изолированными тонкими проводами. Легко наблюдать эффект емкости, получая полотно из однородных потоков, либо изящную сеть из тонких серебряных нитей, либо же массу шумных сверкающих искр, полностью покрывающих пластину.

С тех пор, как в начале прошлого года в своей статье для Американского Электротехнического Института я изложил идею о преобразовании при помощи пробойного разряда, интерес к этой теме стал значительным. Пробойный разряд дает нам возможность производить любую разность потенциалов при помощи недорогих катушек, которые работают от обычных распределительных сетей, и, что может быть еще более ценно, позволяет преобразовывать токи любой частоты в токи любой более низкой или более высокой частоты. Но главная его ценность, возможно, состоит в той помощи, которую он может оказать нам в исследовании явлений фосфоресценции, которые катушка пробойного разряда может возбуждать в бесчисленном количестве случаев, где обычная катушка, даже самая большая, не работает.

Принимая во внимание многочисленные возможности практического использования таких катушек, а также их лабораторного применения для научных исследований, не покажутся излишними, надеюсь, некоторые дополнительные замечания, касающиеся их конструктивных особенностей.

Разумеется, совершенно необходимо использовать в конструкции таких катушек провод, покрытый самой лучшей изоляцией.

Хорошие катушки получаются, если для их изготовления использовать провод, покрытый несколькими слоями хлопка, затем подвергнуть катушку кипячению в чистом воске в течении продолжительного периода времени, а после остудить при умеренном давлении. Преимущество такой катушки в том, что с ней легко обращаться, но по сравнению с катушкой, целиком погруженной в масло, она вероятно уступает в качестве результатов. Помимо этого, по-видимому, наличие большого количества воска негативно влияет на катушку, тогда как в случае масла этого нет. Возможно, это объясняется тем, что в жидкости диэлектрические потери ниже.

Сначала я использовал провода, с хлопковым и шелковым изоляционными покрытиями, которые погружались в масло, однако постепенно перешел на использование проводов с гуттаперчевой изоляцией, которая оказалась наиболее удовлетворительной. Разумеется, гуттаперчевое изоляционное покрытие добавляет катушке емкость, что является серьезным недостатком, особенно если катушка большая, и ее предполагается использовать при очень высоких частотах. Но с другой стороны, гуттаперча выдерживает намного большее напряжение, нежели той же толщины слой масла, а это ее качество следует обеспечивать любой ценой. Если катушку уже единожды поместили в масло, то никогда не следует извлекать ее из масла более чем на несколько часов, иначе гуттаперча может потрескаться, и катушка не сохранит и половины своей ценности. Вероятно, гуттаперча медленно подвергается воздействию со стороны масла, но я не нашел никаких дефектов после пребывания [катушки] в масле в течение восьми или девяти месяцев.

Я испробовал два коммерческих типа проводов с гуттаперчевым покрытием: у одного из них изоляция плотно прилегала к металлу, а у другого нет. Если не прибегать к дополнительным мерам по удалению всего воздуха, то значительно надежнее использовать первый тип провода. Я наматываю катушку в емкости с маслом так, что масло заполнило все пустоты. Между слоями провода я использую хорошо вываренную в масле ткань, толщина которой рассчитывается в зависимости от разности потенциалов между витками. При этом, как оказывается, между разными видами масла нет большой разницы; я использую парафиновое либо льняное масло.

Вот прекрасный способ для более качественного изгнания воздуха, и очень просто применимый на практике к небольшим катушкам. Изготовьте ящик из твердого дерева с очень толстыми стенками, которые в течение долгого времени вываривалась в масле. Стенки ящика должны быть пригнаны таким образом, чтобы надежно противостоять внешнему давлению воздуха. Катушка помещается внутрь ящика и закрепляется там. Затем ящик закрывается крышкой и покрывается снаружи плотно прилегающими металлическими листами, стыки которых тщательно запаиваются. В верхней части коробки просверливаются два отверстия, проходящие сквозь металл и сквозь дерево, и в эти отверстия вставляются две маленькие

стеклянные трубки, а места стыков герметизируются. Одна из трубок подсоединяется к вакуумному насосу, а другая — к сосуду, содержащему достаточное количество прокипяченного масла. В низу второй трубки отверстие очень маленькое, а сама трубка снабжена запорным краном. По достижении достаточно хорошего вакуума запорный кран открывается, и масло медленно втекает внутрь. Данная операция исключает возможность того, что между витками останутся большие пузыри, которые являются главной опасностью. Воздух изгоняется практически полностью, возможно даже лучше, чем вываривaнием, что однако, если провод имеет гуттаперчевое изоляционное покрытие, невозможно. Для первичных обмоток я использую обычный линейный провод с толстым хлопковым покрытием. Конечно, лучше всего бы для первичной обмотки подошла бы скрутка из очень тонких хорошо изолированных проводов, но их не достать.

В экспериментальной катушке размер проводов не очень важен. В катушке, которую я сегодня демонстрирую перед Вами, в первичной обмотке используется № 12, а во вторичной — № 24 мерный провод Браун и Шарп. Но сечения могут различаться довольно значительно. Я бы сказал и о различных настройках и корректировках, но они вряд ли существенно повлияют на результаты, которые мы намерены получить.

Я остановился столь подробно на различных формах кистевого разряда потому, что при их изучении мы не только наблюдаем явления, которые радуют глаз, но они еще дают нам пищу для размышлений и приводят к умозаключениям, имеющим практическое значение. При использовании переменного тока очень высокого напряжения для предотвращения появления кистевого электрического разряда не может предприниматься очень много мер предосторожности. В сети, подающей такой ток, в индукционной катушке, трансформаторе или конденсаторе кистевой разряд является источником большой опасности для изоляции. В особенности в конденсаторе, газообразное вещество должно удаляться наиболее тщательно, поскольку заряженные поверхности расположены очень близко друг к другу, и если разность потенциалов высока, то даже единственный пузырек воздуха некоторогого размера вызовет нарушение изоляции так же верно, как груз упадет, если его отпустить. Тогда как если все газообразное вещество тщательно удалено, конденсатор сможет легко выдержать гораздо большую разность потенциала. Сеть, подающая переменный ток очень высокого напряжения может быть повреждена просто в результате раковины или маленькой трещины в изоляции, и более того, раковина как правило содержит в себе газа под низким давлением. И так как представляется практически невозможным избежать подобных мелких дефектов полностью, я прихожу к мысли, что в наших будущих сетях распределения электрической энергии посредством токов очень высокого напряжения будет применяться жидкостная изоляция. Наиболее важным сдерживающим фактором в этом вопросе выступает стоимость, однако, если мы используем масло в качестве изолятора, то мы сможем передавать электрическую энергию с напряжением например 100,000 вольт, и даже выше, настолько легко, по меньшей мере при более высоких частотах, что вряд ли кто-нибудь назовет это инженерным подвигом. При использовании масляной изоляции и моторах переменного тока передача электроэнергии может осуществляться надежно и на промышленном уровне на расстояния, измеряемые тысячами миль.

Характерной особенностью масел, и жидкостной изоляции в целом, при быстро изменяющемся электрических напряжениях является способность рассеивать любые газовые пузырьки которые могут присутствовать и диффундировать их по всей своей массе, как правило задолго до того, как может возникнуть вредноносный пробой. Эту особенность можно легко наблюдать, если взять обычную индукционную катушку, вынуть наружу первичную обмотку, закупорить конец трубки, на которую намотана вторичная обмотка, и заполнить ее каким-нибудь достаточно прозрачным изолятором, например, парафиновым маслом. Первичную обмотку, которая в диаметре миллиметров на шесть меньше внутреннего диаметра трубки, можно вставить в масло. Когда катушка включена, то если смотреть сверху через масло, можно увидеть множество светящихся точек — воздушных пузырьков, которые пойманы в результате всатвления первичной обмотки, и которые светятся под воздействием мощной бомбардировки.

Пойманный воздух, противодействуя маслу, бьет его; масло начинает циркулировать, унося с собой часть воздуха, и так до тех пор, пока пузырьки не рассеются по маслу и свечение не пропадет. Таким же образом, если конечно не останутся большие пузырьки воздуха, делающие циркуляцию невозможной, предотвращается разрушающий пробой, с единственным эффектом — незначительным нагреванием масла. Если вместо жидкого использовать тверый изолятор, неважно даже какой толщины, то пробой его и повреждение устройства будут неизбежны.

Однако исключение газообразного вещества из любого устройства, в котором диэлектрик подвергается воздействию со стороны более или менее часто изменяющихся электрических сил, желательно не только ввиду предотвращения возможных повреждений этого устройства, но и из соображений экономии. Если, например, в конденсаторе используются только твердые или только жидкие изоляторы, то потери энергии малы. Но если присутствует газ при обычном или малом давлении, то потери могут быть стать очень значительными. Какова бы ни была природа сил, действующих в диэлектрике, представляется, что в твердых и жидких диэлектриках вызванное этими силами движение молекул очень мало.

Следовательно, произведение силы на смещение незначительно, если только сила не очень велика, что сделает это произведение большим. Молекулы могут двигаться свободно, они достигают высоких скоростей, и энергия их ударов есть потери на тепло либо на что-то другое. Если бы газ был сильно сжат, то перемещение частиц из-за плотности становится меньше, и потери энергии снижаются.

В большинстве последующих экспериментов, главным образом для обеспечения бесперебойной и нормальной работы, я предпочел задействовать генератор переменного тока, о котором уже говорилось ранее. Это одна из тех нескольких машин, которые я сконструировал для целей этих исследований. Она имеет 384 полярных выступа и способна давать ток с частотой около 10,000 в секунду. Эта машина была впервые проиллюстрирована и вкратце описана в тексте моего выступления перед аудиторией Американского Электротехнического Института 20 мая 1891 года, на который я уже ссылался. Более детальное описание, по которому любой инженер сможет изготовить подобную машину, можно найти в нескольких электрических журналах за тот период.

Индукционные катушки, которые работают от этой машины, достаточно малы и содержат от 5,000 до 15,000 витков во вторичной обмотке. Они помещены в покрытые цинковыми листами деревянные ящики, внутрь которых залито прокипяченное льняное масло.

Если изменить традиционное расположение обмоток, то есть разместить в этих каутшках первичную обмотку поверх вторичной, то такое расположение предоставляет ряд преимуществ: можно использовать первичную обмотку значительно большего размера, что снижает опасность перегрева и увеличивает выход катушки. Я сделал первичную обмотку с каждой стороны по меньшей мере на один сантиметр короче вторичной для того, чтобы избежать пробоя на концах, который неизбежно возник бы, если только слой изоляции, нанесенный поверх вторичной обмотки, не был бы очень толстый, а это было бы, конечно, недостатком.

Когда первичная обмотка делается подвижной, что в некоторых экспериментах бывает необходимым и гораздо удобнее с точки зрения регулировки, я покрываю вторичную обмотку воском и обтачиваю ее на токарном станке так, чтобы ее диаметр стал чуть-чуть меньше внутреннего диаметра первичной обмотки. Первичную обмотку я снабжаю рукояткой, которая выступает над поверхностью масляного слоя и служит для перемещения ее вдоль вторичной обмотки в любое положение.

А сейчас, касательно общих манипуляций с катушкой, некоторые наблюдения с позиций, которым в более ранних экспериментах с такими катушками не придавалось должного значения, и которые даже теперь часто остаются незамеченными.

Обычно вторичная обмотка катушки демонстрирует столь высокую самоиндукцию, что текущий по проводу ток ничтожно мал, и может быть таковым даже когда выводы соединены проводником с малым сопротивлением. Если к выводам добавить емкость, то самоиндукция нейтрализуется, и по вторичной обмотке начинает течь более сильный ток, несмотря на то, что

выводы изолированы друг от друга. Для человека, совершенно незнакомого со свойствами переменных токов, ничто не будет выглядеть более загадочным. Эта особенность была продемонстрирована в проведенном в начале эксперименте с пластинами из проволочной сетки, подключенными к выводам, и пластиной из резины. Когда пластины из проволочной сетки были близко друг к другу, и между ними проходила небольшая дуга, эта дуга препятствовала прохождению сильного тока через вторичную обмотку, потому что она сводила на нет емкость на выводах. Когда между [пластинами] помещалась резиновая пластина, емкость образовавшегося конденсатора противодействовала самоиндукции вторичной обмотки, теперь тек более сильный том, и катушка совершала больше работы, и разряд был несравненно мощнее.

Так что первое, что нужно сделать при работе с индукционной катушкой, это сочетать со вторичной обмоткой емкость, чтобы преодолеть самоиндукцию. При очень высоких частотах и потенциалах следует тщательно удалить газообразное вещество от заряженных поверхностей. Если используются Лейденские банки, их следует погрузить в масло, так как в противном случае может возникнуть значительная диссипация при большом напряжении на банках. При использовании высоких частот столь же важно соединить конденсатор с первичной обмоткой. Можно подключить конденсатор к концам первичной обмотки или к клеммам генератора переменного тока, но последнее делать не рекомендуется, поскольку это может повредить генератор. Несомненно, лучше всего лучше всего использовать конденсатор последовательно с первичной обмоткой и с генератором переменного тока, и отрегулировать его емкость таким образом, чтобы свести самоиндукцию обоих последних на нет. Конденсатор должен иметь очень маленькие шаги настройки, а для очень тонкой настройки удобно использовать маленький масляный конденсатор с подвижными пластинными.

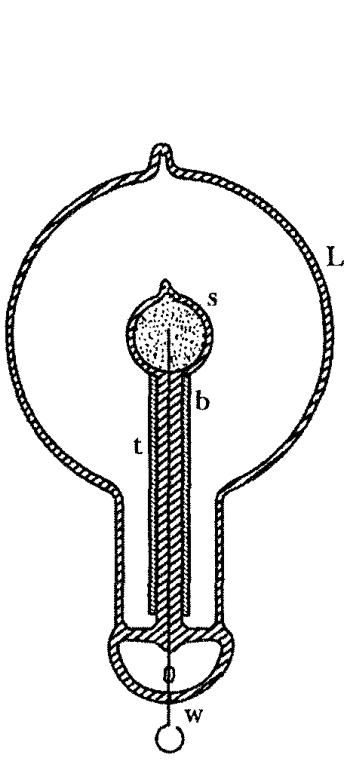


Рис. 12.

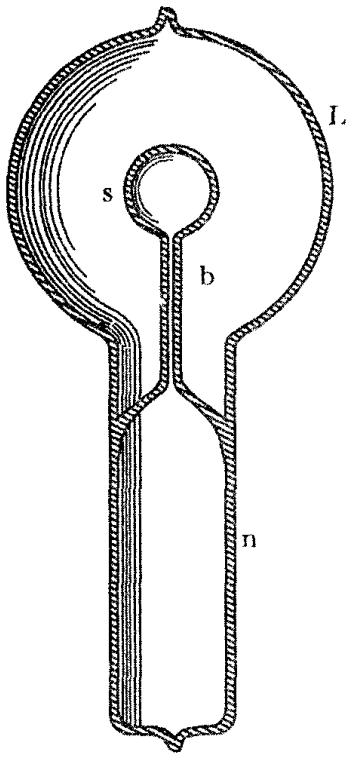


Рис. 13.

Мне кажется, что сейчас настал наилучший момент для того, чтобы продемонстрировать вам явление, которое я наблюдал некоторое время назад, и которое у тех, кто занимается именно научными исследованиями, возможно, вызовет куда больший интерес, нежели все остальные явления, которые я имею честь представить сегодня Вашему вниманию.

Это явление с вполне правомерно можно отнести к категории явлений кистевого электрического разряда — фактически это и есть кистевой разряд, образующийся на или вблизи отдельного вывода, находящегося в высоком вакууме.

В колбах с проводящими клеммами, даже если они из алюминия, кистевой разряд очень непродолжителен, и к сожалению его нельзя сохранить и поддерживать в его наиболее чувствительном состоянии, даже в колбе не имеющей проводящих электродов. При изучении этого явления всенепременно следует использовать колбы без вводных проводов. По моему опыту, лучше всего использовать колбы, конструкции которых приведены на Рис. 12 и 13.

Колба на Рис. 12 состоит из шара лампы накаливания *L*, в горловину которого впаяна трубка барометра *b*, конец которой выдут в виде небольшой сферы *s*. Эта сфера должна быть как можно точнее впаяна в колбу так, чтобы ее центр совпадал с центром большого шара. Перед запаиванием в трубку барометра можно вставить тонкую трубку *t*, изготовленную из

алюминиевого листа, но это особой роли не играет.

Маленькая полая сфера *s* заполняется каким-нибудь проводящим порошком, а в горловину плотно вмуровывается провод *w*, служащий для соединения токопроводящего порошка с генератором.

Конструкция, изображенная на Рис. 13, была выбрана для того, чтобы удалить от кистевого разряда любые проводящие тела, которые могли бы как-либо влиять на него. В этом случае колба состоит из шара лампы *L*, горловина которой *n* снабжена трубкой *b* с выдутой на ней маленькой сферой *s*, так что образуются два совершенно независимых отделения, как показано на рисунке. При работе с колбой горловина *n* покрывается оловянной фольгой и подключается к генератору, и индуктивно воздействует на средне разреженый и высоко проводящий газ, заключенный в горловине. Отсюда ток проходит через трубку *b* в небольшую сферу *s*, чтобы он индуктивно воздействовал на газ, находящийся в шаре *L*. Лучше делать трубку *t* толстостенной, отверстие в ней очень маленьким, и выдувать сферу *s* очень тонкой. И очень важно, чтобы сфера *s* располагалась точно в центре шара *L*.

На Рис 14, 15 и 16 изображены разные формы, или стадии, кистевого разряда. На Рис. 14 изображено появление кистевого разряда в колбе с проводящим контактом: но поскольку в такой колбе он очень быстро пропадает — часто через несколько минут, — я ограничусь описанием этого явления, как оно наблюдается в колбе без проводящих электродов. Оно наблюдается при следующих условиях:

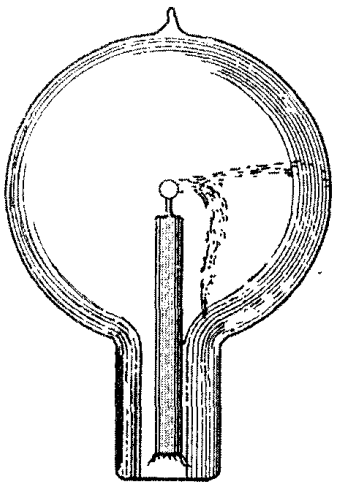


Рис. 14.

Когда шар *L* (Рис. 12 и 13) откачан до очень высокой степени, обычно колба не возбуждается при подсоединении провода *w* или оловянной фольги, покрывающей колбу (Рис. 13), к выводу индукционной катушки. Обычно для того, чтобы ее возбуждить, достаточно взять шар *L* рукой. При этом по всему шару сначала растекается мощная фосфоресценция, но вскоре она уступает место белому туманному свету. Вскоре после этого можно заметить, что свечение распределяется в шаре неровно, а еще через некоторое время протекания тока колба принимает вид, изображенный на Рис 15. Из этой стадии явление постепенно, в течение нескольких минут, часов, дней или недель, в зависимости от того, как работает колба, переходит к виду, показанному на Рис. 16. Повышение температуры колбы или увеличение потенциала ускоряют этот переход.

Когда кистевой разряд принимает форму, изображенную на Рис. 16, его можно привести в состояние чрезвычайной чувствительности к электростатическому и магнитному воздействию. Когда колба свисает с провода вертикально вниз, и все окружающие объекты от нее удалены, то приближение наблюдателя к колбе на расстояние нескольких шагов вызывает отклонение пламени кистевого разряда в сторону, противоположную наблюдателю. И если наблюдатель будет продолжать ходить вокруг колбы, то пламя разряда всегда будет сохранять свое направление в противоположную от него сторону. Оно может начать крутиться вокруг вывода еще задолго до достижения этой стадии чувствительности. Как правило, когда оно начинает вращаться, но тоже до этого, на него магнит воздействует на него, и на определенной стадии он оказывается в поразительной степени восприимчивым к влиянию со стороны магнитного поля. Маленький постоянный магнит, полюса которого отстоят друг от друга не больше чем на два сантиметра, будет явно воздействовать на него на расстоянии двух метров, уменьшая или увеличивая скорость вращения, в зависимости от того, как держать магнит по отношению к кистевому разряду. Я думаю, я наблюдал, что в стадии, когда он имеет максимальную чувствительность к магнитному полю, он не является наиболее восприимчивым к электростатическому влиянию. Мое объяснение этому такое: при увеличении интенсивности потока электростатическое притяжение между разрядом и стеклом колбы, которое замедляет вращение, растет значительно быстрее, нежели влияние со стороны магнитного поля.

Когда колба с шаром L висит вертикально вниз, вращение всегда идет по часовой стрелке. В южном полушарии оно бы происходило в противоположном направлении, а на экваторе его не должно быть вовсе. Можно изменить направление вращения разряда на противоположное, если поместить на определенном расстоянии магнит. По-видимому, кистевой разряд вращается лучше всего, когда он расположен под прямыми углами к силовым линиям Земли. Очень похоже, что он вращается, при максимальной скорости, синхронно с переменами тока, скажем, 10,000 раз в секунду. Скорость вращения можно уменьшать или увеличивать при приближении или удалении наблюдателя, или любого другого проводящего тела, но разряд нельзя заставить вращаться в противоположном направлении путем какого-либо изменения положения колбы. Когда разряд находится в стадии своей максимальной чувствительности, и изменяется разность потенциалов или частота, чувствительность при этом быстро падает. Даже небольшое изменение любого из этих значений может вообще вызвать остановку вращения. В такой же мере на степень чувствительности влияет изменение температуры. Для достижения наибольшей чувствительности необходимо, чтобы маленькая сфера s располагалась в центре шара L, в противном случае воздействие электростатического поля стекла шара будет стремиться останавливать вращение. Сфера s должна быть маленького размера и равномерной толщины; любая асимметрия, конечно, уменьшает чувствительность.

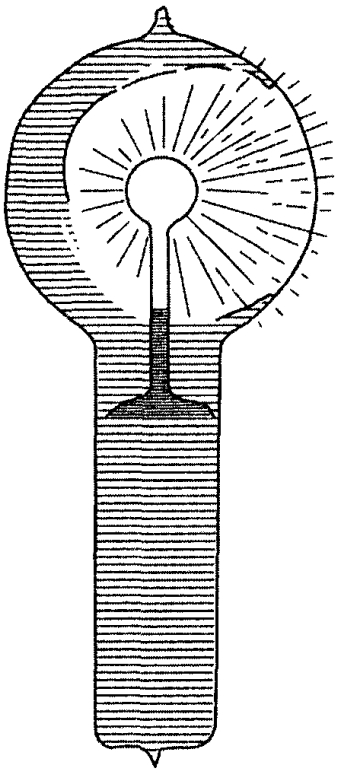


Рис. 15.

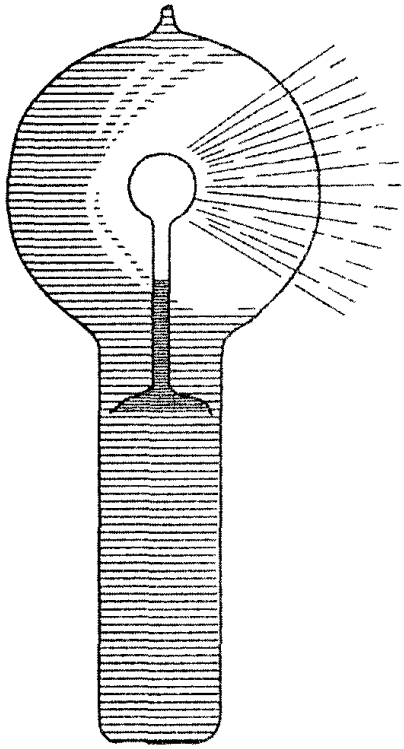


Рис. 16.

Тот факт, что кистевой разряд вращается в определенном направлении в постоянном магнитном поле, видимо, означает, что в переменных токах очень высокой частоты положительные и отрицательные импульсы неодинаковы, и одни из них все время преобладают над другими.

Конечно, вращение в одном направлении может быть обусловлено воздействием двух составляющих одного и того же тока в отношении друг друга, или воздействием полей, порождаемых одной из составляющих тока на другую, как это происходит в моторе с последовательным возбуждением, и при этом совсем не обязательно, чтобы одни импульсы были мощнее других. За эту точку зрения говорит тот факт, что, насколько я мог заметить, кистевой разряд вращается в любом положении. Тогда он будет вращаться в любой точке поверхности Земли. Но, с другой стороны, тогда очень трудно объяснить, почему постоянный магнит будет изменять направление вращения на противоположное, и необходимо будет предположить преобладание импульсов одного вида.

Что до причин образования кисти или потока, мне представляется, что это происходит благодаря электростатическому воздействию шара и по причине асимметрии его частей. Если бы маленькая колба s и шар L были бы идеальными концентрическими сферами из стекла одинаковой толщины и качества, то думаю, что кистевой разряд не возникал бы, поскольку пропускные свойства были бы во все стороны одинаковы. Что формирование потока происходит благодаря неравномерности, отличается от того факта, что он склонен оставаться в одном положении, и вращение происходит в основном как правило только тогда, когда его выводят положения посредством электростатического или магнитного воздействия.

Когда разряд находится в состоянии особой чувствительности и остается в одном положении, с ним можно провести весьма любопытные эксперименты. Например, экспериментатор может, выбрав для себя соответствующую позицию, поднести руку к колбе на определенное, довольно значительное, расстояние, и может одним только напряжением мышц руки заставить разряд погаснуть. Когда разряд начинает медленно вращаться, а руки расположены на нужном расстоянии от колбы, становится невозможным произвести даже самое слабое движение чтобы при этом не вызвать видимую реакцию кистевого разряда. Металлическая пластина, подключенная к другому выводу катушки, воздействует на разряд с большого расстояния, замедляя вращение нередко до одного оборота в секунду.

Я твердо убежден такой кистевой разряд, когда мы узнаем, как его нужно получать, окажет нам большую помощь в изучении природы сил, действующих в электростатическом или электромагнитном полях. Если в пространстве происходит какое-либо движение, которое поддается измерению, то такой кистевой разряд должен его обнаружить. Это, если можно так выразится, пучок света, свободный от трения и инерции.

Я думаю, он может найти себе практическое применения в телеграфии. При помощи такого разряда было бы возможно передавать сообщения, например, через Атлантический океан, с любой скоростью, поскольку его чувствительность может быть столь велика, что даже слабейшие изменения будут влиять на него. Если бы было возможным сделать поток более интенсивным и очень узким, то можно было бы легко фотографировать его отклонения.

Мне было интересно, выяснить что это — именно вращение самого потока, или же это просто напряжение гуляет по колбе. Для этой цели я установил легкую слюдяную крыльчатку так, чтобы ее лопасти располагались на пути движения кистевого разряда. Если вращается сам поток, то крыльчатка слала бы крутиться. Мне не удалось добиться сколь-нибудь отчетливого вращения крыльчатки, хотя я многократно повторял эксперимент; но поскольку крыльчатка оказывала заметное влияние на поток, и видимое вращение последнего никогда не было, в этом случае, достаточно удовлетворительным, то этот эксперимент не представляется убедительным.

Мне не удалось воспроизвести это явление с помощью катушки пробойного разряда, хотя любое другое из этих явлений легко с ее помощью получается — и на самом деле намного лучше, нежели с катушками, работающими от альтернатора.

Кистевой разряд может быть возможно получить и с помощью однонаправленных импульсов, или даже с помощью постоянного потенциала, в этом случае будет даже еще более чувствительным к магнитному воздействию.

Когда мы впервые обнаружили, что индукционная катушка может работать с переменным током высокой частоты, то это вызвало у нас большое удивление и в то же время обнаружило насколько сильно влияют значения емкости, самоиндукции и частоты на общий результат. Для этих экспериментов емкость наиболее значимый элемент, поскольку и самоиндукция, и частота изначально высоки. Критическая емкость очень мала, и даже очень небольшое колебание ее значения вызывает весьма значительные изменения. Экспериментатор может установить контакт между своим телом и клеммами вторичной обмотки катушки, либо подсоединить к обеим клеммам изолированные тела с очень малой массой, такие как колбы электрических ламп, и вызвать тем самым значительные взлеты и падения напряжения, а также сильно воздействовать на ток, проходящий по первичной обмотке. В ранее продемонстрированном эксперименте, где кистевой разряд возникал на проводе, подсоединенном к одной из клемм, и где провод начинал вибрировать при установлении контакта между изолированным телом экспериментатора и другой клеммой катушки, в этот момент происходил резкий и явный всплеск напряжения.

Я могу показать Вам иное поведение катушки, которое заключает в себе особенность, представляющую определенный интерес. Перед Вами маленькая легкая крыльчатка, изготовленная из листа алюминия, которая закреплена на игле, и установлена таким образом, чтобы могла вращаться на куске металла, болтами прикрепленного к одной из клемм катушки. При активации катушки, молекулы воздуха начинают ритмично притягиваться и отталкиваться. Поскольку сила, с которой молекулы отталкиваются, больше, чем сила, с которой молекулы

притягиваются, то на поверхностях крыльчатки возникает сила отталкивания. Если бы крыльчатка была изготовлена просто из металлического листа, то сила отталкивания на противоположных сторонах крыльчатки была бы одинаковой, и никакого эффекта не возникало бы. Но если одна из поверхностей крыльчатки покрыта экраном, или если, в общем, бомбардировка на эту сторону каким-либо образом ослабляется, то остается сила отталкивания на другой стороне, которая и заставляет крыльчатку вращаться.

Наибольшая эффективность экранирования достигается, если на одну из внешних сторон крыльчатки наложить изолированное токопроводящее покрытие, а если крыльчатка имеет форму обычного воздушного винта, то на одной из ее сторон, или в непосредственной близости от нее, следует закрепить изолированную металлическую пластину. Таким образом, можно просто избавиться от необходимости использования статического экрана, если на одной из сторон крыльчатки закрепить толстую пластину из изолирующего материала.

Чтобы показать поведение катушки, можно установить вентилятор на клемме, и при подаче на катушку тока очень высокой частоты, он будет легко вращаться. Конечно, при постоянной разности потенциалов и даже при переменном токе очень низкой частоты, крыльчатка вращаться не будет из-за очень слабого воздухообмена, и, следовательно, слабой бомбардировки. Но в последнем случае, при очень высокой разности потенциалов вращение все же может иметь место. При использовании цевочного колеса действует иное правило, совершенно противоположное по значению: крыльчатка лучше всего вращается при постоянной разности потенциалов, а прилагаемое усилие тем меньше, чем выше частота тока. В этом случае, очень легко установить такие параметры настройки, при которых разность потенциалов была бы недостаточной для вращения вентилятора, но при подсоединении другой клеммы катушки к изолированному телу, напряжение возрастало бы до такой величины, при которой вентилятор мог бы вращаться. Подобным образом можно остановить вращение, если подсоединить к клемме тело другого размера, следовательно, вызвать уменьшение разности потенциалов. В этом эксперименте вместо крыльчатки мы можем задействовать электрический радиометр, при этом будет достигнут похожий эффект. Однако в этом случае мы обнаружим, что лопасти вращаются либо при сильном разрежении воздуха, либо при обычном давлении воздуха. При умеренно повышенном давлении, когда воздух имеет повышенную электропроводность, крыльчатка вращаться не будет. Это любопытное наблюдение было подмечено сообща профессором Круксом и мной. Я приписываю полученный результат высокой проводимости воздуха, молекулы которого в отдельности не являются независимыми носителями электрического заряда, а все вместе выступают как единое электропроводное тело. Разумеется, в этом случае, если и есть какое-либо отталкивание молекул от лопастей, то оно должно быть очень мало. Однако, возможно, что данный результат частично обусловлен тем фактом, что большая часть разряда проходит по направлению: от провода — через газ с высокой электропроводностью, вместо того, чтобы идти от токопроводящих лопастей.

В предыдущем эксперименте с электрическим радиометром разность потенциалов не должна была превышать определенный предел из-за того, что электростатическое притяжение между лопастями и стеклом лампы могло стать настолько сильным, что смогло бы остановить вращение.

Наиболее любопытная особенность переменного тока высокой частоты состоит в том, что он позволяет нам выполнять большое количество экспериментов, используя только один провод. Эта особенность интересна во многих отношениях.

Несколько лет назад я изобрел тип двигателя переменного тока, который приводился в движение посредством наведения вторичного тока в массе, или других цепях двигателя. Вторичный ток образовывался от одного переменного тока, проходящего через цепь двигателя, и вместе с первичным, или наведенным токам создавал движущее поле силы. Такой простой, но грубый по форме двигатель получается если на железный сердечник намотать первичную обмотку, и разместить ее непосредственной близости от вторичной катушки; соединить концы последней, а свободно движущийся металлический диск разместить так, чтобы он находился

под воздействием поля, образованного двумя обмотками. Железный сердечник используется по вполне очевидным причинам, но его роль не несущественна для работы двигателя. Для улучшения работы двигателя якорь помещен внутрь железного сердечника. Кроме того, для еще большего улучшения работы двигателя, вторичная катушка частично перекрывает первичную так, чтобы она подвергалась сильному индуктивному воздействию со стороны последней, и как можно сильнее отталкивала ее силовые линии. Еще одно усовершенствование,

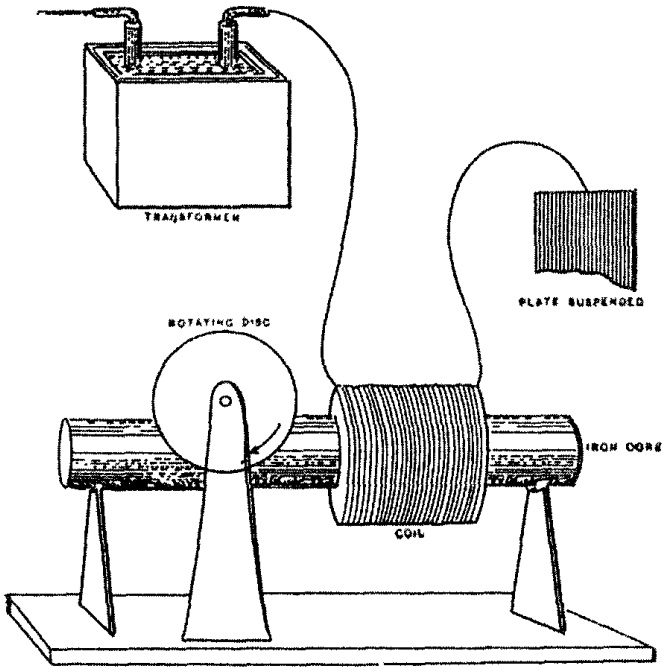


Рис. 17.

призванное улучшить работу двигателя, состоит в том, что между токами первичной и вторичной обмоток устанавливают соответствующую разность фаз при помощи конденсатора, катушки самоиндукции, сопротивления или эквивалентному ему количеству провода на обмотках. Однако я обнаружил, что вращение производится посредством только одной катушки и сердечника. Мое объяснение этому явлению, подтверждение которому я старался найти при исполнении данного эксперимента, состояло в том, что при намагничивании сердечника должна иметь место задержка во времени. Я помню, какова была моя радость, когда я в записках профессора Айртона, которые попали ко мне позже, обнаружил идею, поддерживающую мое предположение о задержке во времени. Является ли это в самом деле задержкой во времени, или это только запаздывание, которое происходит вследствие возникновения вихревых токов — вопрос остается открытым. Но не подлежит сомнению тот факт, что катушка, намотанная на железный сердечник, при подаче на нее переменного тока создает движущее поле силы и способна привести якорь в движение.

Этот факт, вместе с историческим экспериментом Араго, представляет собой определенный интерес в контексте того, что при работе с инерционными и фазовыми моторами происходило вращение их движущихся частей в направлении, противоположном движущему полю. Это означает, что в данном эксперименте магнит может не вращаться, или даже может вращаться в направлении, противоположном направлению вращения диска. Поэтому, в данном эксперименте электродвигатель (схематически представленный на Рис.17) включает в себя катушку и железный сердечник, рядом с которым располагается подвижный медный диск.

Я выбрал этот тип двигателя для демонстрации новых и интересных свойств по причинам, которые приведу позже. Когда концы катушки подсоединяют к клеммам генератора переменного тока, диск начинает вращаться. Но этот хорошо известный эксперимент не тот, который я хочу Вам показать. Я хочу продемонстрировать Вам, как этот двигатель приводится в движение при помощи одного единственного соединения между ним и генератором. То есть, одна клемма двигателя подсоединена к одной клемме генератора (в данном случае это

вторичная обмотка индукционной катушки высокого напряжения), а остальные клеммы генератора и двигателя остаются свободными. Для того, чтобы вызвать вращение, обычно (но не обязательно) подсоединяется свободный конец катушки двигателя к изолированному телу определенного размера. Для этих целей тела экспериментатора более чем достаточно. Если он прикасается к свободной клемме предметом, находящимся у него в руках, то ток проходит через катушку и медный диск начинает вращаться. Если при этом в цепь катушки последовательно включить трубку с разреженным газом, то яркий свет, исходящий из трубки, укажет на прохождение сильного тока. С тем же успехом вместо тела экспериментатора можно использовать небольшой металлическую пластинку, подвешенную на нити. В этом случае пластинка действует как конденсатор, последовательно подключенный к катушке. Это нейтрализует самоиндукцию последней и позволяет проходить сильному току. В такой комбинации, чем больше самоиндукция катушки, тем меньшего размера нужна пластинка. Это означает, что для вращения двигателя требуется меньшая частота, и, иногда, меньшая разность потенциалов. Даже одна катушка, намотанная на сердечник, имеет высокую самоиндукцию. Именно по этой причине, данный тип двигателя был выбран для проведения этого эксперимента. Если на сердечник намотать закрытую вторичную катушку, то это может привести к уменьшению самоиндукции, что вызовет необходимость повышения частоты и разности потенциалов. И то и другое не желательно, так как высокая разность потенциалов создает угрозу целостности изоляции маленькой первичной катушки, а высокая частота может привести к существенному ослаблению вращающего момента.

Надо заметить, когда применяется такой двигатель, с закрытой вторичной обмоткой, то при сверхвысоких частотах привести его в движение совсем не просто, так как вторичная обмотка почти полностью обрезает силовые линии первичной, что позволяет проходить току лишь на мгновение. И чем выше частота — тем сильнее это проявляется. В этом случае, если вторичная обмотка не закрывается через конденсатор, а это существенно для получения вращения, то первичную и вторичную катушки располагают так, чтобы они более или менее перекрывали друг друга.

Но есть еще одно интересное свойство этого двигателя, а именно: для того, чтобы вызвать его вращение, нет необходимости в использовании даже единичного соединения между двигателем и генератором, кроме как через землю. Это возможно потому, что изолированная пластина способна не только излучать энергию в пространство, но и таким же образом получать ее через переменное электростатическое поле, несмотря на то, что в последнем случае доступная энергия значительно меньше. В этом примере одна из клемм двигателя подсоединяется к изолированной пластине или телу, расположенному внутри переменного электростатического поля, а другая клемма заземляется.

Однако возможно, что такие "беспроводные двигатели", если их так можно назвать, будут работать находясь на значительном расстоянии от источника энергии, если их подключать через разреженный газ. Переменный ток, особенно высокой частоты с удивительной легкостью передается даже через слабо разреженный газ. Верхние слои атмосферы разрежены. Чтобы достигнуть высоты в многие мили, потребуется преодолеть трудности чисто механического свойства. Нет сомнения, что при огромной разности потенциалов, получаемой при использовании высокой частоты и масляной изоляции, светящиеся разряды можно передавать на многие мили через разреженный воздух. При таком управлении энергией в многие сотни и тысячи лошадиных сил, двигатели или лампы могут работать, находясь на значительном расстоянии от стационарного источника тока. Но такие схемы работы рассматриваются только как возможные. Возможно у нас вообще не будет необходимости в транспортировке энергии. Пройдут многие поколения и наши механизмы будут приводиться в движение силой, получаемой в любой точке вселенной. Эта идея не нова. Человечество идет к ней давно, ведомое инстинктом, или выгодой. Эту идею выражали разными способами, и в разных местах, как в древности и в новейшей истории. Мы находим ее в очаровательном мифе об Антее, который набирался сил от земли. Мы находим ее среди теорий одного из ваших великих математиков, а также среди изречений и высказываний многих современных мыслителей. Энергия находится

повсюду в пространстве. Является ли эта энергия статической или кинетической? Если она статическая, то наши надежды тщетны. Если она кинетическая — а мы совершенно определенно знаем, что это именно так — то люди когда-нибудь смогут подключать свои машины к главному маховику природы, это лишь вопрос времени. Ближе всего к этому подошел Крукс. Его радиометр будет работать и при свете дня, и во тьме ночи. Он будет работать везде, где есть тепло, а тепло есть везде. Но, к сожалению, эта красивая маленькая машина останется в памяти последующих поколений как наиболее интересное изобретение, и в тоже время будет занесена в книгу рекордов как самая неэффективная машина из когда-либо изобретенных человеком.

Предыдущий эксперимент — только один из многих не менее интересных экспериментов, которые можно провести с переменным током высокого напряжения и частоты, и с использованием только одного провода. Мы можем подсоединить изолированный провод к источнику такого тока; мы можем передать ничтожно малый ток по этому проводу, и в то же время в любой его точке получить ток такой силы, что он способен расплавить толстый медный провод. В ином варианте, мы сможем с помощью некоторых приемов, разложить раствор в любом электролитическом элементе, подсоединив только один полюс элемента к проводу или источнику энергии. Мы сможем заставить светиться лампу накаливания, трубку с разреженным газом, или колбу с фосфоресцирующим веществом, всего лишь подключившись к проводу, или если расположим их поблизости от провода.

Однако этот, неосуществимый во многих случаях план, представляется абсолютно выполнимым и даже рекомендуемым при получении света. Усовершенствованная лампа должна потреблять немного энергии, и уж если мы не может отказаться от использования проводов вообще, то мы хотя бы должны обеспечить подачу электроэнергии без использования обратного провода.

Теперь уже доказан факт, что тело может накаляться и светиться, находясь в непосредственном контакте или просто вблизи источника электрических импульсов с определенными характеристиками, и что полученного таким образом света достаточно для его практического применения. Поэтому, сейчас для достижения этой цели, стоит по меньшей мере предпринять усилия к определению наилучших условий применения и постараться разработать самые лучшие устройства.

В этом направлении уже были проведены некоторые опыты и я кратко остановлюсь на них в надежде, что они окажутся небесполезными.

Нагрев электропроводного тела, заключенного в лампе и подсоединенного к источнику часто изменяющихся электрических импульсов, зависит от такого большого количества причин, имеющих различную природу, что довольно трудно определить общеприменимое правило, следуя которому можно было бы добиться максимального нагрева. Что касается размеров сосуда, то в последнее время я обнаружил, что при обычном или даже слабо отличающемся от обычного, атмосферном давлении, когда воздух является хорошим изолятором, и следовательно тело излучает одинаковое количество энергии при определенной разности потенциалов и частоте, вне зависимости от того, является ли тело большим, или маленьким, оно нагревается до более высокой температуры, если помещено в меньший сосуд вследствие более плотного ограничения распространения тепла.

При низком давлении, когда воздух становится более или менее электропроводным, или если воздух нагрет достаточно для того, чтобы стать электропроводным, в большой лампе тело раскаляется до более высокой температуры, видимо потому, что при прочих равных условиях в большой лампе тело может излучать большее количество энергии.

При очень высокой степени разрежения воздуха, когда вещество в лампе становится "лучистым", большая лампа имеет преимущество над маленькой, но оно сравнительно невелико.

Наконец, при очень высокой степени разрежения, которая может быть достигнута только при помощи специальных средств, какого-либо существенного различия в степени нагрева тела в сосудах большего, или меньшего размеров не наблюдается.

Эти наблюдения являются результатом большого числа экспериментов, один из которых, призванный продемонстрировать эффект размера лампы при высокой степени разрежения, может быть описан и показан здесь, поскольку представляет определенный интерес. Были взяты три сферических лампы размером в 2 , 3 и 4 дюйма в диаметре. В центре каждой лампы были вмонтированы нити накаливания одинаковой длины и толщины. В каждой лампе часть нить накала прикреплена к ведущей внутрь платиновой проволоке, проходящей внутри впаянной в лампу стеклянной ножки. Конечно, по возможности, все они были как можно более похожими друг на друга. На каждой стеклянной ножке с внутренней стороны лампы расположена очень гладкая трубка, сделанная из листа алюминия, которая плотно подогнана к ножке и удерживается на ней под действием пружины. Назначение алюминиевой трубки будет объяснено чуть позже. В каждой лампе над металлическими трубками выступают части нити накала равной длины. Здесь мне представляется важным заметить, что при в условиях соблюдена равная длина и толщина нитей накала. Другими словами, нагреванию подвергались тела одинакового объема. Все три лампы припаяны к стеклянной трубке, которая подключена к помпе Спренгеля. По достижении сильного вакуума, стеклянную трубку, на которой крепятся лампы, наглухо запаивают. Затем к каждой лампе последовательно подключили ток. При этом нити накала достигли примерно одинаковой яркости, хотя самая маленькая лампа, расположенная посередине между двумя большими, могла бы быть немного поярче. Этот результат ожидался, так как когда одну из ламп подсоединяли к катушке, то яркий свет возникал и в двух других, демонстрируя таким образом, что на самом деле три лампы составляли единый сосуд. При параллельном подключении всех трех ламп к катушке, то в самой большой из них нить накала излучала яркий свет, в лампе поменьше — яркость была поменьше, а в самой маленькой — нить накала только покраснела. Затем лампы были разделены и подвергнуты испытаниям по отдельности. Яркость нитей накала стала такой как и ожидалось, т.е энергия выделялась пропорционально поверхности ламп. Эта поверхность в каждом случае выступает как одно из покрытий конденсатора.

Таким образом, между самой большой и средней лампами различия оказались меньше, чем между средней и самой маленькой лампами. В этом эксперименте было сделано интересное наблюдение. Все три лампы были подвешены на прямом оголенном проводе, подключенном к клемме катушки. На конце провода размещалась самая большая лампа, на некотором расстоянии от нее — самая маленькая, а средняя лампа — на таком же расстоянии от самой маленькой. Угольные электроды в больших лампах светились так, как и ожидалось, но в самой маленько из них свечение значительно ни слабее того, что могла выдать лампа. Это наблюдение навело меня на мысль изменить расположение ламп и я заметил, что какая бы из ламп не находилась посередине, она светила менее ярко, чем в любом другом положении. Этот таинственный результат был, конечно, следствием электростатических взаимодействий между лампами. Когда они располагались на значительном расстоянии друг от друга, или располагались по углам равностороннего треугольника из медной проволоки, они светили так, как и предопределялось размерами их поверхностей.

Что касается формы сосуда, то она также имеет довольно важное значение, особенно при высокой степени разрежения газа. Из всех возможных конструкций, наиболее пригодной для использования представляется сфера, в центре которой располагается вмонтированное в нее тугоплавкое тело. Опыт проведения таких экспериментов показал, что в сосуде сферической формы тугоплавкое тело заданного объема раскаляется значительно легче, чем в сосуде любой другой формы. Кроме того, по совершенно очевидным причинам, лучше, чтобы тело, которое подлежит накалу, также имело сферическую форму. В любом случае тело должно быть расположено в центре, где сталкиваются атомы, рикошетом отлетающие от стеклянных стенок. Этот процесс лучше происходит в сферическом сосуде, но он также происходит и в сосуде цилиндрической формы с одной или двумя прямыми нитями накала, расположенных по оси цилиндра. Кроме того, накаливание возможно, когда тугоплавкое тело, или тела, размещены в фокусе, или в фокусах, сосуда параболической или сферической форм. И это несмотря на то, что в последнем случае такое кажется невероятным, поскольку атомы, несущие электрический

заряд, должны в любом случае нормально отражаться от поверхности. Но если скорость атомов не чрезмерна, то в этом случае они могут двигаться, подчиняясь общему закону отражения. Независимо от используемой формы сосуда, если разрежение в нем слабое, то нить накала раскаляется равномерно по всей длине. Однако, если степень разрежения велика, а лампа имеет сферическую или грушевидную форму, то обычно образуется фокальная точка, и нить накаливания накаляется больше именно в этой точке, либо вблизи нее. Чтобы проиллюстрировать этот эффект, я возьму две похожие маленькие лампы, с тем лишь различием, что в одной из них сильных вакуум, а в другой слабый. При подключении к катушке, в лампе со слабым вакуумом нить накала светится равномерно по всей длине, в то время как в лампе с сильным вакуумом, центральная часть нити светится более интенсивно, чем по краям. Примечательно то, что это явление происходит, даже если в лампе находятся две нити накаливания, каждая из которых присоединена к одной из клемм катушки. Но что еще более интересно, если они расположены близко друг от друга, то вакуум становится сильнее. В процессе эксперимента с этими лампами я заметил, что нить накала обычно прогорает в определенном месте. Сначала приписал это дефекту в углеродном электроде. Но затем, когда это явление повторилось многократно, мне удалось установить его настоящую причину. Для того, чтобы довести тугоплавкое тело в лампе до высшей степени накала, а это важно по экономическим причинам, нужно, чтобы вся энергия, поступающая к лампе от источника, без потерь достигала тела, не расходуясь никуда, кроме как на излучение. Разумеется, мы не ставим себе целью достичь этого теоретического результата, но при проектировании осветительных приборов к этому нужно стремиться. По многим причинам тугоплавкое тело помещают в центре лампы, и обычно оно держится на стеклянной ножке, внутри которого находится ведущий внутрь провод. Как только разность потенциалов на концах этого провода изменяется, разреженный газ, окружающий ножку, подвергается индуктивному воздействию, а стеклянная ножка подвергается сильной бомбардировке атомами, вследствие чего нагревается.

Таким образом, значительная часть энергии, подаваемой к лампе — особенно, если используется ток очень высокой частоты — может теряться, не достигая цели. Для того чтобы избежать этих потерь или свести их к минимуму, я обычно экранирую разреженный газ, окружающий ножку, от индуктивного воздействия ведущей внутрь проволоки, снабжая ножку трубкой или покрытием из электропроводного материала. Лучшим из металлов, пригодных для этих целей, несомненно, является алюминий, обладающий многими замечательными свойствами. Единственным его недостатком является его легкоплавкость, и поэтому, расстояние между ним и накаливаемым телом должно быть рассчитано очень точно. Обычно, из тончайшего алюминиевого листа делается тонкая трубка, диаметром чуть меньше, чем диаметр стеклянной ножки, и надевается на ножку. Трубку легко изготовить накручивая алюминиевый лист соответствующего размера на стержень, закрепленный в токарном станке. Для этого алюминиевый лист крепко удерживают куском чистой свиной кожи или промокательной бумаги и быстро вращают стержень. Лист плотно прилегает к стержню и получается очень гладкая трубка, состоящая из одного — трех слоев. При насаживании ее на ножку, обычно давления обхвата бывает достаточно, чтобы предотвратить ее соскальзывание, но для большей безопасности нижний край листа можно завернуть внутрь. Верхний внутренний угол листа (тот, который ближе всего находится к тугоплавкому накаляемому телу) должен быть обрезан по диагонали, так как часто случается, что под воздействием высокой температуры он выворачивается наружу и контактирует, либо близко подходит к проводу или нити накаливания, поддерживающей тугоплавкое тело. Теперь большая часть энергии, подаваемой к лампе, расходуется на нагревание металлической трубки, и лампа оказывается бесполезной для этих целей. Алюминиевый лист должен выступать над уровнем стеклянной ножки в большей или меньшей степени — на один дюйм, или около того — иначе, если стекло будет слишком близко располагаться от накаливаемого тела, оно может сильно нагреться и стать в некоторой степени электропроводным, от чего оно может треснуть. Либо, вследствие приобретенной электропроводности, оно может установить хороший электрический контакт между металлической трубкой и запаянным в стекло проводом. В этом случае также большая

часть энергии будет расходоваться на нагревание трубки. Возможно, что лучший выход — это сделать верхнюю часть трубки меньшего диаметра, примерно на один дюйм, или чуть больше. Для того, чтобы в дальнейшем уменьшить опасность, возникающую из-за нагрева стеклянной ножки и предотвратить образование электрического контакта между металлической трубкой и электродом, я предпочитаю обертывать ножку несколькими слоями тонкой слюды, которые должны быть, по меньшей мере, вровень с металлической трубкой. В некоторых лампах я также использовал внешнее изолирующее покрытие.

Предыдущие замечания приведены только для того, чтобы помочь экспериментатору в его первых опытах. А трудности, которые будут встречаться ему в дальнейшем, он может преодолеть своими силами.

Для того, чтобы показать эффект экрана, и преимущество его использования, я взял две лампы как можно более походящий одна на другую, одного и того же размера, со стеклянными ножками, внутри которых имеются ведущие внутрь провода, к которым в свою очередь подсоединены нити накала. Стеклянная ножка одной лампы снабжена алюминиевой трубкой, а другая — нет. Сначала обе лампы соединялись трубкой, которая была подключена к помпе Спренгеля. По достижении сильного вакуума, сначала запаивается соединительная трубка, а затем лампы. Таким образом в обеих лампах образуется вакуум одинаковой величины. Когда лампы по отдельности присоединяли к катушке, выдающей определенную разность потенциалов, угольная нить накаливания в лампе, снабженной алюминиевым экраном, достигала высокой степени накала, в то время как нить накала в другой лампе, при той же разности потенциалов, даже не покраснела, хотя на самом деле она потребила больше энергии, чем первая. Когда их вместе присоединили к клемме катушки, разница стала еще более очевидной, что показало важность экранирования. Металлическая трубка, надетая на стеклянную ножку, в которую впаян провод, выполняет две различных функции. Во-первых, она действует как электростатический экран, и таким образом снижаст потери энергии, подаваемой на лампу. Во-вторых, если вдруг по каким-либо причинам она не сможет действовать электростатическим путем, она выполнит свои функции механическим путем: предотвратит бомбардировку, и, следовательно, интенсивный нагрев и возможное разрушение тонкой опоры тугоплавкого накаливаемого тела, или стеклянной ножки с впаянным в нее проводом.

Я говорю "тонкая опора", так как очевидно, что для того чтобы более полно ограничить тепло нагревемого тела, его опора должна быть очень тонкой, чтобы она уносила наименьшее количество тепла за счет [тепловой] проводимости. Среди всех опор, которые мне довелось использовать, самой лучшей оказалась нить накаливания обычной лампы, так как по сравнению с прочими проводниками она лучше всего противостоит сильному нагреванию.

Эффективность металлической трубки как электростатического экрана зависит в основном от степени разреженности газа.

При очень высокой степени разрежения, — достичь ее можно, если очень осторожно использовать специальные методы в сочетании с помпой Спренгеля, — когда вещество внутри сферы находится в сверхлучистом состоянии, ее действие наиболее эффективно. При этом тень верхнего края трубки четко видна на лампе.

При более низкой степени разрежения воздуха, давление которого примерно равно обычному "не пробиваемому" вакууму, как правило, пока частицы вещества движутся в прямом направлении, экран хорошо справляется со своей задачей. В качестве дополнительного пояснения к предыдущему замечанию необходимо показать, что представляет собой "не поддерживающий разряд" вакуум применительно к катушке, работающей в обычном порядке — от импульсов или тока низкой частоты, в отличие от катушки, работающей от тока очень высокой частоты. В этом случае, через разреженный газ разряд может проходить с большой легкостью, а низкочастотный разряд пройти не может, даже при значительно более высокой разности потенциалов. При обычном атмосферном давлении действует обратное правило: чем выше частота тока, тем меньше возможностей у искрового разряда проскочить между клеммами, особенно если они представляют собой шишаки, либо сферы, размером с шишаки.

Наконец, при очень низкой степени разрежения, при которой газ имеет хорошую электропроводность, металлическая трубка не только не действует как электростатический экран, но даже наоборот, она в значительной степени способствует рассеиванию энергии с поверхности впаянного провода. Конечно, этого следовало ожидать. То есть, в этом случае между металлической трубкой и впаянным проводом установлен хороший электрический контакт, и большинство бомбардирующих атомов направлены на трубку. Пока электрическое соединение не очень хорошее, электропроводная трубка дает некоторые преимущества, хотя и не сильно способствует экономии энергии. Она обеспечивает защиту ножки тугоплавкого электрода и служит также для концентрации на ней большей энергии.

Независимо от того, в какой степени алюминиевая трубка выполняет функции экрана, ее

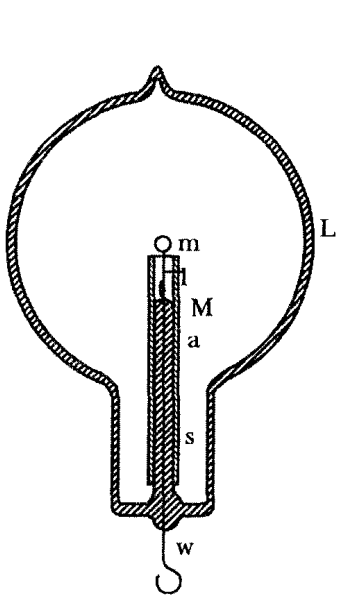


Рис. 18.

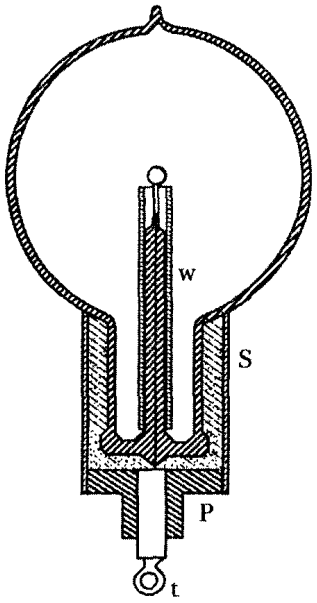


Рис. 19.

полезные свойства пропадают при очень высокой степени разрежения, когда она изолирована от электродов. То есть, тогда, когда газ как таковой не является проводником: его молекулы или атомы выступают как независимые носители электрических зарядов.

Токопроводящая трубка или покрытие, помимо того, что действуют как более или менее эффективный экран в истинном значении этого слова, в силу своей электропроводности могут также выступать в качестве разновидности эквалайзера, или в качестве элемента, снижающего интенсивность бомбардировки стеклянной ножки. Я представляю себе это действие следующим образом: представьте себе процесс ритмичной бомбардировки электропроводной трубки, возникший по причине того, что недостаточно хорошо работает в качестве экрана. При этом неизбежно часть молекул, или атомов, должны воздействовать на трубку быстрее, нежели остальные. Те из них, которые первыми вступают в контакт с ней, передают ей свой избыточный заряд и трубка электризуется. Электризация немедленно распространяется по всей поверхности трубки. Но это должно снизить потери энергии, происходящие в результате бомбардировки по двум причинам: во-первых, заряд передаваемый атомами, распространяется по большой площади, и следовательно, электрическая плотность в любой точке невелика, и атомы отталкиваются с меньшей силой, нежели они это делали бы во время ударов о хороший изолятор; во-вторых, поскольку трубка наэлектризовывается атомами, первыми вступившими с ней в контакт, то движение последующих атомов к трубке затруднено из-за отталкивающего эффекта, который возникает между трубкой и одинаково с ней заряженными атомами. Возможно, что сила отталкивания достигает такой величины, что значительная часть атомов не может достичь трубки, но в любом случае она должна уменьшить энергию их воздействия. Понятно, что при очень слабом разрежении и тогда, когда газ электропроводен, никакой из

описанных выше эффектов произойти не может. С другой стороны, все меньше атомов могут перемешаться с большой свободой. Другими словами, чем выше степень разрежения, чем она ближе к предельной — тем более выразительны оба этих эффекта.

Все вышесказанное позволяет объяснить явление, которое наблюдал профессор Крукс. Он заметил, что разряд, проходящий через лампу, возникает значительно легче при наличии в ней изолятора, чем если бы в ней находился проводник. По моему мнению, проводник в качестве успокоителя движения атомов действует двумя отмеченными способами. Следовательно, чтобы вызвать видимый разряд, проходящий через лампу, в случае наличия проводника, особенно с большой поверхностью, необходима большая разность потенциалов.

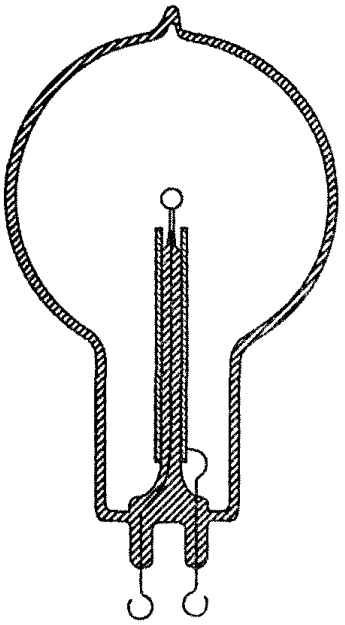


Рис. 20.

Для того, чтобы прояснить некоторые сделанные ранее замечания, я должен буду обращаться к рисункам 18, 19, 20, на которых изображены разные типы наиболее часто используемых ламп.

На рис. 18 показано поперечное сечение сферической лампы L со стеклянной ножкой s. В ножку запаян провод w, к которому прикреплена нить накаливания l, служащая опорой для тугоплавкого электрода m, расположенной в центре. M — лист тонкой слюды, в несколько слоев обернутый вокруг ножки s, а a — алюминиевая трубка.

На Рис. 19 изображена эта же лампа, но с некоторыми улучшениями. Металлическая трубка S закреплена при помощи небольшого количества цемента в горловине трубки. В трубку ввинчена пробка P, сделанная из изолирующего материала, в центре которой закреплена металлическая клемма t, служащая для подсоединения к проводу w. Эта клемма должна быть хорошо изолирована от металлической трубки S. Таким образом, если использованный цемент электропроводен, — а как правило это именно так — то пространство между пробкой P и горловиной лампы должно быть заполнено хорошим изоляционным материалом, таким как порошок слюды.

На Рис. 20 представлена лампа, изготовленная для экспериментальных целей. В этой лампе алюминиевая трубка имеет внешнее соединение, которое служит для исследования эффекта трубки, происходящего при различных условиях. В основном она предназначена для использования в серии экспериментов, описанных ниже.

Бомбардировка ножки, содержащей запаянный провод, происходит в результате индуктивного воздействия последнего на разреженный газ. Уменьшение этого воздействия дает ряд преимуществ, которого можно достичь, если использовать очень тонкий провод, покрытый толстым слоем изоляции, изготовленной из стекла, или другого материала, а также, если провод, проходящий через газ, будет как можно короче. Чтобы скомбинировать эти характеристики, я использовал большую трубку T (Рис. 21), которая вдается внутрь лампы на определенное расстояние и имеет на своей верхней части очень короткую стеклянную ножку s, в которую запаян провод w. Для защиты верхней части стеклянной ножки от нагревания, я использовал маленькую алюминиевую трубку a, а нижнюю часть, как обычно, покрыл слоем слюды. Провод w, проходящий через большую трубку лампы наружу, должен быть хорошо изолирован, например, стеклянной трубкой, а пустое пространство между стенками и проводом должно быть заполнено хорошим изолятором. Среди множества изолирующих порошков, которые мне довелось опробовать, наиболее пригодным для использования является порошок слюды. Если не предпринять эти меры предосторожности, то трубка T, вдающаяся в лампу, непременно треснет от нагревания кистевыми электрическими разрядами, которые образуются верхней части трубки вблизи сферы с разреженным газом. Эта опасность особенно велика, если в трубке создается сильный вакуум. Поэтому разность потенциалов, необходимая для обеспечения работы лампы, очень высока.

На Рис. 22 представлено похожее расположение частей, где большая трубка T, вдается внутрь лампы, содержащей тугоплавкий электрод m. В данном случае провод, идущий извне внутрь лампы, отсутствует, а необходимая энергия подается через покрытия конденсатора $C\,C$. В этой конструкции изолирующая прокладка P должна плотно прилегать к стеклу и быть достаточно широкой, иначе разряд может не пойти через провод w, соединяющий внутреннее покрытие конденсатора с электродом накаливания m.

Молекулярная бомбардировка стеклянной ножки в лампе является источником больших

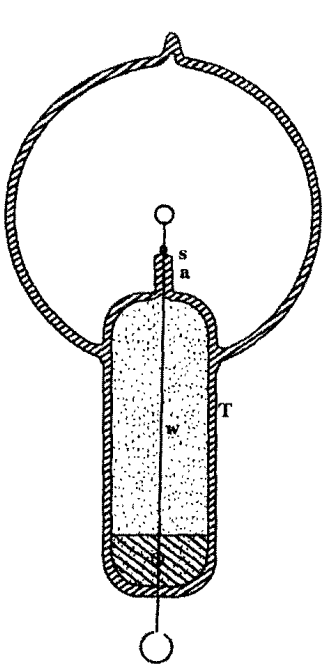


Рис. 21.

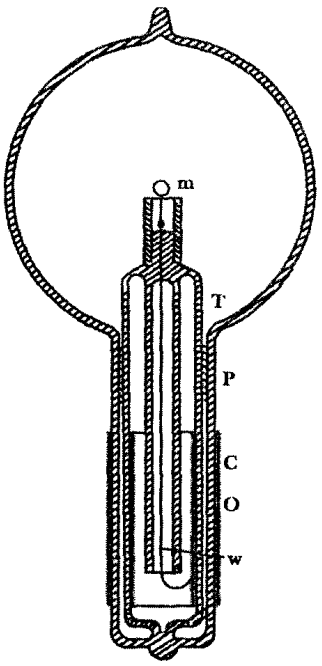


Рис. 22.

сложностей. В качестве иллюстрации, я приведу в пример явление, которое наблюдал слишком часто и без удовольствия. Для этого можно взять лампу, предпочтительно большую и некое тело с хорошей электропроводностью, такой как кусок угля. Уголь размещается на платиновой проволоке, которая впаяна в стеклянную ножку лампы. Из лампы тщательно выкачивают воздух до состояния, близкое к тому, когда начинает возникать свечение. При подключении лампы к катушке, кусок угля , если он мал, сначала может раскалиться добела, но затем его яркость сразу же уменьшится, после чего через стекло, где-нибудь в области середины ножки, может возникнуть разряд в форме ярких искр. И все это происходит несмотря на то, что между платиновой проволокой и разреженным газом имеется хороший электрический контакт через кусок угля, или металл на крышке. Первые искры исключительно ярки, и напоминают те, что вылетают с поверхности чистой ртути. Но поскольку они очень быстро нагревают стекло, то их яркость быстро уменьшается, и они исчезают совсем, когда стекло в месте разрыва раскаляется, или нагревается до такой степени, что препятствует прохождению тока. Когда я впервые наблюдал это явление, оно показалось мне очень любопытным и замечательным образом демонстрирующим, насколько сильно отличается поведение переменного тока или импульсов высокой частоты от поведения постоянного тока или тока низкой частоты. При использовании частот, получаемых механическим способом, я думаю, что повреждение стекла является в большей или меньшей степени следствием бомбардировки, которое его нагревает и тем самым ухудшает изоляционные свойства. Но я не сомневаюсь, что при использовании частот, получаемых при помощи конденсатора стекло может треснуть без предварительного нагревания. Хотя сначала это кажется исключительным явлением, на самом деле это то, чего следовало бы ожидать. Электрическая энергия, поступающая к проводу, проходящему внутри лампы, частично испускается непосредственно угольным электродом, а частично — индукцией, через стекло окружающее провод.

Поэтому данный случай аналогичен тому, в котором конденсатор, имеющий внутреннее параллельное соединение при помощи проводника с низким сопротивлением, подсоединяется к источнику переменного тока. До тех пор, пока частота остается низкой, проводник отбирает на себя все что может, и конденсатор сохраняется неповрежденным. Но когда частота становится чрезмерной, роль проводника может стать совершенно незначительной. В последнем случае разность потенциалов на клемме конденсатора может стать настолько большой, что диэлектрик разрушится, даже несмотря на то, что клеммы соединены между собой проводником с низким сопротивлением.

Конечно, для того, чтобы получить накал тела, помещенного в лампу, нет необходимости использовать такой ток, при котором тело становится электропроводным, и даже совершенно неэлектропроводное тело могло бы легко нагреваться. Для этой цели, достаточно окружить электропроводный электрод диэлектриком, таким как в лампе, описанной выше на рис. 21. В ней тонкая нить накаливания лампы покрыта неэлектропроводным материалом и поддерживает наверху электрод, изготовленный из такого же самого материала. Сначала бомбардировка поддерживается индуктивным воздействием через диэлектрик, и продолжается до тех пор, пока он не нагреется до такой степени, что станет электропроводным, и тогда бомбардировка продолжается обычным способом.

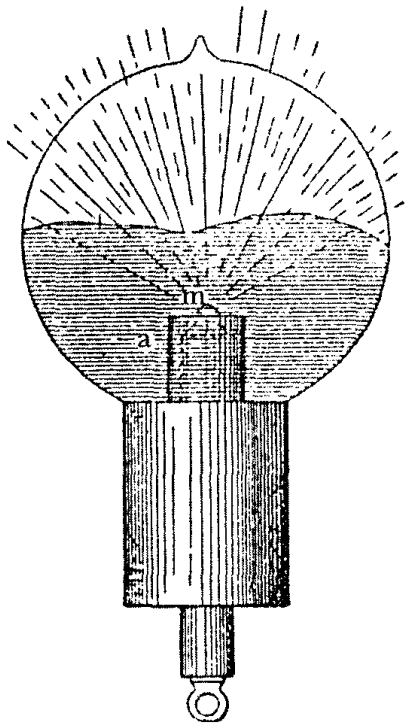


Рис. 23.

На Рис. 23 представлены компоновки элементов ламп различных конструкций. В данном случае диэлектрик m встроен в часть обычной легкой угольной дуги так, что он находится чуть выше последней. Угольный элемент соединен с внутренним проводом, проходящим через стеклянную ножку, которая покрыта несколькими слоями слюды. Обычно для экранирования используется алюминиевая трубка a. Она расположена таким образом, что выступает вверх почти на такую же высоту, что и угольный элемент, и только диэлектрический элемент m чуть-чуть возвышается над ней. Сначала происходит бомбардировка верхней части угля, поскольку нижняя часть защищена алюминиевой трубкой. Однако, как только диэлектрик m нагревается до такой степени, что обретает хорошую электропроводность, центром бомбардировки становится именно он.

Во время этих экспериментов я сконструировал множество таких однопроводных ламп с внутренним электродом, или без него, в которых излучающее вещество размещалось напротив или над телом, подлежащим накаливанию. На Рис. 24. показана одна из таких ламп. Она состоит из колбы L, снабженной длинной шейкой n, в верхней части лампы, которая служит для того, чтобы в некоторых усиливать действие лампы посредством подключения к внешнему электропроводному покрытию. В нижней части колбы L имеется небольшое утолщение b, которое служит для прочного крепления колбы в гнезде S, сделанного из изолирующего материала. Лампу закрепляется в гнезде при помощи цементирующего материала. Тонкая нить накаливания f лампы, закрепленная на проводе w, проходит через центр колбы L. Нить накаливания подвергается нагреву в средней части, там, где бомбардировка, происходящая с нижней внутренней поверхности сферы, наиболее интенсивна. Нижняя часть колбы, примерно до уровня возвышения гнезда делается токопроводящей путем нанесения на нее фольги, или иным образом, а внешний электрод подключается к клемме катушки.

Способ подключения элементов, схематически изображенный на Рис. 24, был признан не самым лучшим для того, чтобы вызвать накал у нити накаливая, или электрода, расположенного в центре сферы, однако он достаточно удобен для того, чтобы вызвать свечение объекта.

Во время проведения множества экспериментов, где тела разных типов встраивались в

лампу, как, например, на Рис.23, были сделаны интересные наблюдения.

В частности, обнаружилось, что в таких случаях, независимо от того, где начиналась бомбардировка, как только достигалась высокая температура, обычно выявлялось одно из тел, которое принимало на себя основную мощь бомбардировки, тем самым освобождая от нее другое, или другие тела. Это качество принципиально зависит от точки плавления и от легкости, с которой тело "испаряется" или, говоря вообще, расщепляется. Значение последнего термина заключается не только в испускании атомов, но и более крупных частей тела. Результаты этого научного наблюдение соответствовали общепринятым представлениям. В лампе с сильным разрежением газа, электричество уносится с электрода независимыми носителями: частично атомами или молекулам оставшегося в сосуде воздуха, и частично атомами и молекулами электрода. Если электрод сделан из тел с различными характеристиками и одно из них расщепляется легче, чем остальные, то большая часть потребляемого электричества улетучивается именно через тело, которое быстрее остальных достигает высокой температуры. Более того, при увеличении температуры это тело по-прежнему будет легче расщепляться, чем остальные.

Мне представляется весьма вероятным, что похожие процессы могут иметь место в лампе даже с однородным электродом, и они являются главной причиной расщепления тел. Они имеют некоторое отношение к неровностям поверхности, даже если поверхность электрода подвергнута самой тщательной полировке. Разумеется, такой операции невозможно подвергнуть большинство тел из тугоплавкого материала, используемых в качестве электродов. Допустим, что какая либо точка электрода горячее, чем другие. Тогда немедленно большинство разрядов начинает проходить через эту точку, и через несколько минут этот участок тела плавится и испаряется.

Теперь уже стало возможным, чтобы вследствие интенсивного расщепления тело поглощало бы температуру, либо вырабатывало противодействующую силу, так, как это происходит в дуге. В любом случае, локальный отрыв как недостаток, наряду с другими ограничениями, находится в допустимых пределах погрешностей, присущих данному эксперименту. Если отрыв все же происходит, то через некоторое время весь процесс возникает в другом месте. Невооруженному глазу электрод кажется одинаково гладким и блестящим, но вокруг него имеются точки в которых температура значительно выше той, что на его поверхности. Эти точки находятся в постоянном движении и сильно ускоряют процесс износа электрода. То, что подобное происходит, по крайней мере, тогда, когда электрод находится в условиях низкой температуры, можно подтвердить следующим экспериментом. В лампе создается очень сильный вакуум, такой, что при достаточно большой разности потенциалов разряд не происходит — по крайней мере, его не видно, так как, по всей вероятности, слабый невидимый разряд возникает постоянно. Теперь медленно и осторожно увеличиваем разность потенциалов, пустив первичный ток, но не более чем на мгновение. В определенной момент времени на сфере появятся одна, две или полдюжины светящихся точек. Очевидно, что эти места подверглись более интенсивной бомбардировке, чем остальные. Это является следствием неравномерно распределенной электрической плотности, вызванной неоднородностью формы или, говоря вообще, неровной поверхностью электрода. Но светящиеся места постоянно меняют свое положение, и это хорошо заметно если на поверхности лампы их очень мало. Это указывает на то, что структура электрода быстро изменяется.

Из опытов этого типа я сделал вывод, что для того, чтобы быть более прочной, тугоплавкий электрод в лампе должен иметь форму сферы и очень хорошо отполированную поверхность. Такую маленькую сферу можно изготовить из алмаза, или из некоторых других видов кристаллов, но лучше всего в условиях чрезвычайно высоких температур, которые можно достичь с помощью некоторых оксидов — таких как, например, оксид циркония — изготовить маленькую каплю, а затем поместить ее внутрь лампы при температуре, чуть ниже ее точки плавления. Несомненно, что при проведении исследований в направлении сверхвысоких температур могут быть получены очень полезные результаты. Но как можно достичь столь высокой температуры нагрева? Как в природе происходит сильное нагревание? Под

воздействием звезд, при помощи высоких скоростей и в результате столкновений. При столкновении может быть достигнута любая степень нагревания. В химическом процессе мы ограничены. Когда кислород и водород соединяются, то они, образно говоря, падают с определенной высоты. Мы не можем подойти близко к взрыву, как и не можем удержать тепло в печи, но в разреженной лампе на маленьком участке мы можем сконцентрировать любое количество энергии. Таким образом, если опустить вопросы, связанные с возможностью практического достижения этих целей, то по-моему, это должно быть средство, при помощи которого мы могли бы добиться высокой температуры. Но, на практике мы сталкиваемся с большой проблемой, которая заключается в том, что в большинстве случаев вещество разрушается быстрее, чем оно может расплавиться и принять форму капли. Это особенно типично для оксидов, таких как оксид циркония, из которого невозможно сделать твердый кусок так, чтобы он быстро не разрушался. Я многократно пытался расплавить цирконий, помещая его в чашу или в углеродную дуговую лампу так, как это показано на рис. 23. Он светился с большой интенсивностью, а поток частиц, выбрасываемых им из углеродной чаши, имел ярко-белый цвет, но вне зависимости от того, был ли он в форме твердого кусочка, или в виде пасты с углем, он разрушался раньше, чем успевал расплавлялся. Я вынужден был поместить углеродную чашу с цирконием очень низко в шейку большой лампы, поскольку нагревание лампы от вылетающих частичек оксида было настолько быстрым, что при первом испытании лампа треснула практически через мгновение после того, как включили ток. Обнаружилось, что при нагревании стекла вылетающими частицами, нагрев происходит намного быстрее, если в угольную чашу поместить быстро разрушающееся вещество. Я предполагаю, что в этих случаях, при том же самом напряжении, достигается более высокая скорость частиц, и поэтому, в единицу времени испускается большее количество вещества, следовательно, больше частиц воздействует на стекло.

Однако вышеупомянутая проблема отсутствует, если тело, помещенное в углеродную чашку, обладает большой устойчивостью к разрушению. Например, если оксид сначала расплавить в пламени кислорода, а затем поместить его в лампу, он легко плавится и превращается в каплю.

Вообще, во время процесса плавления, были отмечены великолепные световые эффекты, которым трудно дать исчерпывающее толкование и объяснение.

Чем выше частота, тем больше отклонение от постоянного тока — худшее, что может быть для нити накаливания. Но если продемонстрирована истинность этого замечания, то неверно было бы полагать, что тугоплавкий электрод, который использовался в лампах, под действием тока очень высокой частоты должна разрушаться быстрее, чем под действием низкочастотного постоянного тока. По своему опыту я могу сказать, что все происходит совсем наоборот: электрод лучше противостоит бомбардировке под действием тока очень высокой частоты. Но это происходит потому, что высокочастотный разряд проходит через разреженный газ намного легче, чем разряд постоянный или низкочастотный. Это позволяет сделать вывод, что с разрядом постоянного тока мы можем работать при более низкой разности потенциалов, либо при менее сильном воздействии. Таким образом, до тех пор, пока газ не начинает оказывать влияние, постоянный или низкочастотный ток предпочтительнее, но как только действие газа усиливается, предпочтение отдается току высокой частоты.

В ходе этих экспериментов было проведено большое количество испытаний со всеми типами угольных электродов. Электроды сделанные из обычного углерода, несомненно, оказались более долговечными, чем электроды, сделанные с применением высокого давления. Электроды, которые изготовлялись хорошо известными способами осаждения угля, зарекомендовали себя не лучшим образом — от их использования сфера быстро покрывалась черным налетом. Основываясь на результатах многочисленных опытов, я сделал вывод, что нити ламп накаливания, полученные таким способом можно с успехом использовать только при низкой разности потенциалов и низкочастотном токе. Некоторые виды угля настолько сильно противостоят воздействию тока, что для того, чтобы довести их до раскаленного состояния,

необходимо использовать очень маленькие по размеру электроды. В этом случае осуществление наблюдений сопряжено с большими трудностями, вызванными мощным тепловым излучением. Тем не менее, не вызывает сомнения тот факт, что все типы углерода плавятся под воздействием молекулярной бомбардировки, а их жидкое состояние чрезвычайно нестабильно. Из всех типов испытанных веществ были выделены два, наиболее устойчивых — алмаз и карборунд. Эти два вещества имеют примерно одинаковые свойства, но последний предпочтительнее по многим причинам. Поскольку это вещество еще мало изучено, то я позволю себе привлечь к нему Ваше внимание и остановиться на нем более подробно.

Оно было получено недавно Е.Г. Ачесоном из города Мононгахела, США. Он намеревался заменить им обычный алмазный порошок в шлифовальных кругах и т.д. и насколько мне известно, его старания увенчались успехом. Я не знаю, почему этому материалу присвоили такое название "карборунд". Не исключаю, что такой выбор обосновали некоторые детали его промышленного получения. Благодаря любезности изобретателя, некоторое время назад я получил несколько образцов этого материала, которые я намеревался испытать на предмет качества свечения и способности противостоять воздействию высокой температуры.

Карборунд можно получить в двух формах — в форме кристалла и порошка. Невооруженному глазу кристаллы кажутся темным, но очень ярким; порошок по цвету очень близок к цвету обычного алмазного порошка, только намного более красив. При рассмотрении образцов кристаллов под микроскопом, мне показалось, что они не имеют определенной формы и больше напоминают частицы молотого каменного угля высокого качества. Большая их часть была непрозрачна, но встречались также прозрачные и даже цветные. Эти кристаллы представляют собой разновидность углерода, содержащего некоторое количество примесей, они необычайно твердые и устойчивы к разрушению в течение длительного времени даже в кислородном пламени. При воздействии на них пламенем кислородной горелки, они сначала спекаются в плотную массу, возможно, вследствие расплавления содержащихся в них примесей. Эта масса очень устойчива к действию пламени, и не плавится в течение длительного времени, но в конце концов после того, как возникнет медленное горение, или пламя, образуется стеклоподобный осадок. Я предполагаю, что это расплавленный оксид алюминия. В сильно спрессованном состоянии это вещество хорошо проводит электрический ток, но не так хорошо как обычный углерод. Порошок, каким-то образом полученный из кристаллов практически не проводит электрический ток. Он является великолепным материалом для шлифовки камней.

У меня было мало времени, чтобы сделать удовлетворительный анализ свойств этого вещества, но поэкспериментировав с ним несколько недель, я могу сказать, что оно обладает многими замечательными свойствами.

Он обладает исключительно высокой устойчивостью к высоким температурам, слабо разрушается при молекулярной бомбардировке и не загрязняет стеклянную сферу как обычный углерод. Есть только одна проблема, которую я обнаружил в ходе этих экспериментов — это проблема найти связывающие материалы, которые были бы столь же устойчивыми к воздействию тепла и бомбарднровки, как и сам карборунд.

Здесь у меня есть несколько ламп, которые я оснастил электродами из карборунда. Чтобы изготовить такой электрод из кристалла карборунда, я поступил следующим образом. Я взял обычную нить накаливания и окунул ее в смолу, или другое плотное вещество, например, краску, которое может легко обугливаться. Затем я пропустил нить накаливания через кристаллы, и стал держать ее вертикально над горячей пластиной. Смола размягчилась и образовала каплю на конце нити накаливания, а кристаллы приклеились к поверхности капли. Регулируя расстояние от горячей пластины до смолы, я медленно высушил ее и электрод стал твердым. Затем я еще раз погрузил электрод в смолу и держал его над горячей пластиной до тех пор, пока смола не испарилась, оставив только твердую массу, которая прочно скрепила кристаллы. Если гребовалось получить большой электрод, я повторял процесс несколько раз и обычно покрывал нить накаливания смолой на некоторое расстояние ниже капли с кристаллами.

Затем электрод устанавливался в лампе. После того как в лампе создавался сильным вакуум, я пропускал через нее сначала слабый, а затем сильный разряд для того, чтобы смола обгорела, и все газы были вытеснены. И только после этого я включал лампу на полную мощность.

При использовании порошка, наилучшим способом, который я смог найти, является следующий: Я сделал густую пасту из карборунда и смолы и пропустил через нее нить накаливания. Затем натер нить накаливания кусочком замши с нанесенной на нее пастой, после чего держал ее над горячей пластиной до тех пор, пока смола не испарилась, и покрытие не стало прочным. Я повторял этот процесс много раз, для того, чтобы получить необходимую толщину покрытия. На конце нити накаливания, уже покрытой смолой с порошком я таким же образом сформировал электрод.

Нет никаких сомнений в том, что такой электрод из карборунда, полученный при высоком давлении, особенно если он сделан из порошка наилучшего качества, будет устойчив к действию молекулярной бомбардировки, как никакое другое известное вещество. Проблема только в том, что связующий материал разрушается, и карборунд с течением времени постепенно осыпается. Поскольку он меньше всего загрязняет стеклянный шар, то он может оказаться полезным для покрытия нити накаливания в обычной лампе, и я даже думаю, что вполне можно сделать тонкие нити или стержни из карборунда, которые заменили бы обычные нити накаливания в лампах. Покрытие из карборунда оказалось более долговечным, чем другие, не только потому, что карборунд устойчив к действию высоких температур, но и потому, он лучше соединяется с углеродом, нежели другие испытанные мною вещества. Например, покрытие из циркония, или любого другого оксида разрушается намного быстрее. Я изготовил электрод из алмазной пыли таким же способом, как и из карборунда, но связующая паста разрушалась намного быстрее на алмазных электродах. Однако я отнес эти недостатки на счет неровностей алмазных частичек.

Было интересно найти ответ на вопрос, обладает ли карборунд способностью к свечению. Я был готов встретиться с двумя трудностями. Во-первых, как твердое вещество, в кристаллической форме он является хорошим проводником, а известно, что проводники не способны светиться. Во-вторых, его порошок очень мелкий, и не подходит для того, чтобы ярко продемонстрировать это качество, так как мы знаем, что когда кристаллы, даже такие как алмаз или рубин, находятся в виде мелкого порошка, их способность светиться существенно уменьшается.

Отсюда возникает вопрос, может ли светиться проводник? Что лишает такой материал как, например, металл, возможности светиться, если это свойство характеризует его как проводник? Общеизвестно, что большинство светящихся тел теряют это свойство, когда их нагревают до такой температуры, что они становятся в той, или иной степени электропроводными.

Таким образом, если металл будет в большой мере, а возможно и полностью лишен этой способности, он должен получить способность светиться. Следовательно, возможно, что при очень высокой частоте, когда он ведет себя как непроводник, металл или другой проводник может проявить способность к фосфоресценции, даже если он совершенно не способен светиться под действием низкочастотного разряда. Однако, возможен и другой способ вызвать свечение проводника.

До сих пор еще имеется много неясностей в отношении того, что же в реальности представляет собой фосфоресценция, и не называют ли этим термином разные явления, возникающие вследствие одних и тех же причин. Представьте себе, что в разреженной лампе под действием молекул поверхность куска металла или другого проводника начинает светиться ярким светом, но при этом обнаруживается, что он остается сравнительно холодным. Можно ли этот яркий свет назвать фосфоресценцией? Такой результат, по крайней мере, теоретически, возможен, это не более чем вопрос разности потенциалов или скорости. Предположим, что разность потенциалов на электроде, и, следовательно, скорость выбрасываемых атомов достаточно высоки. Тогда, поверхность куска металла, бомбардируемого атомами, должна сильно накаляется, поскольку процесс выработки тепла происходит несоизмеримо быстрее, чем

излучение и отток тепла от поверхности. Глазу наблюдателя может показаться, что единичное столкновение атомов сопровождается мгновенной вспышкой, но если вспышки повторяются с достаточно высокой частотой, то они производят непрерывное воздействие на сетчатку глаза. При этом наблюдателю будет казаться, что поверхность металла имеет постоянный накал и светится с постоянной интенсивностью, тогда как в реальности, такой свет является прерывистым или, по крайней мере, периодически меняет свою интенсивность. Температура куска металла будет повышаться до тех пор, пока не установится состояние равновесия, т.е. до тех пор, пока непрерывно излучаемая энергия не будет равна поглощаемой. Однако в таких условиях вполне может сложиться ситуация, когда подаваемой энергии может оказаться недостаточно для того, чтобы повысить температуру тела свыше среднего значения, особенно тогда, когда частота атомных столкновений очень низкая — но достаточная для того, чтобы человеческий глаз не различал колебания интенсивности света. Тогда тело благодаря способу, которым оно получает энергию, должно излучать сильный свет, а температура тела должна быть ниже среднего значения. Как наблюдатель назовет полученный таким способом свет? Даже если анализ света покажет нечто определенное, он, вероятно, отнесет это к явлению фосфоресценции. Возможно, что таким образом и электропроводные, и неэлектропроводные тела могут поддерживаться в состоянии определенной интенсивности свечения, но энергия, необходимая для этого, очень сильно варьируется, в зависимости от природы и свойств тел. Эти и некоторые другие вышеупомянутые замечания умозрительного характера были сделаны просто для того, чтобы обозначить любопытные особенности переменного тока или электрических импульсов. С их помощью мы можем сделать так, чтобы при определенной средней температуре тело излучало бы больше света, чем оно могло бы излучить при той же температуре под действием постоянного тока. А также, мы можем довести тело до точки плавления, и чтобы при этом оно излучало меньше света, чем оно выделяет при температуре плавлении, достигнутой обычными способами. Все это зависит от того, как образом мы подаем энергию, и какой вид колебаний мы используем. В одном случае колебания больше, в другом — меньше, в зависимости от их восприятия нашими органами зрения.

Некоторые эффекты, полученные при первых же испытаниях с карборундом, и которые я до этого не наблюдал, я квалифицировал как фосфоресценцию, но из последующих экспериментов стало ясно, что это вещество не обладает данным качеством. Кристаллы карборунда обладают свойством, заслуживающим особого внимания. Например, в лампе с одним электродом в виде маленького круглого металлического диска, при определенной степени разрежения электрод покрывается пленкой молочно-белого цвета, которая отделена темным пространством от света, заполняющего лампу. Когда металлический диск покрыт кристаллами карборунда, пленка становится более интенсивной, а цвет ее становится снежно белым. Это, как я позже установил, является простым эффектом блестящей поверхности кристаллов, поскольку хорошо отполированный алюминиевый электрод создает более или менее похожий эффект. Я провел множество экспериментов с образцами полученных мною кристаллов, именно потому, что они вызывали особый интерес. Этот интерес заключался в изучении их способностей к фосфоресценции с учетом того, что они обладают свойствами проводника.

Мне не удалось получить отчетливое свечение, но следует заметить, что решающее мнение можно будет сформировать только тогда, когда будут проведены другие эксперименты в этой области.

В некоторых экспериментах поведение порошка было таким, как если бы он содержал оксид алюминия, но при этом он не становился сколь либо отчетливого красного цвета, столь присущего последнему. Сияние его тусклого цвета возникает в значительной степени под воздействием молекулярной бомбардировки, и сейчас я абсолютно уверен, что он не обладает способностью к фосфоресценции. Поскольку результаты испытаний порошка еще не окончательны, так как, возможно, порошок карборунда не ведет себя подобно фосфоресцирующим сульфидам, которые могут находиться в состоянии очень мелкой пыли и при этом не потерять способности к свечению. Он ведет себя подобно порошку алмазов, или рубинов. Поэтому, для того, чтобы провести решающий тест, необходимо поместить его в

большую лампу и отполировать его поверхность.

Если карборунд докажет свою полезность в связи с этим и подобными экспериментами, то его главная ценность будет использована при изготовлении покрытий, тонких проводников, кнопочных или других электродов, хорошо противостоящих очень сильному нагреванию.

Получение небольшого электрода, выдерживающего высокие температуры, я считаю задачей величайшей важности в деле производства света. Это позволит нам с помощью токов очень высокой частоты, получать более чем в 20 раз большее количество света, нежели то, что сейчас от обычных ламп накаливания, при том же расходе энергии. Эта оценка может показаться излишне преувеличенной, но я думаю, что она близка к реальности. Поскольку это утверждение может быть неправильно понято, я думаю, что необходимо яснее осветить проблему, с которой мы столкнулись на этом направлении работ, и способ, которым, по моему мнению, ее можно разрешить.

Любой, кто начинает изучать эту проблему, полагает, что для этого нужна лампа с электродом, имеющим очень высокую степень накаливания. И это будет его ошибкой. Сильный накал электрода является необходимым злом, а вот что действительно необходимо, так это сильный накал газа, окружающего электрод. Другими словами, проблема заключена в поиске лампы, способной довести газовую массу до наивысшей степени накала. Чем больше накаливание, тем быстрее основные колебания, тем больше экономичность получения света. Однако для того, чтобы поддерживать газовую массу в стеклянном сосуде в состоянии наивысшей степени накала в стеклянном сосуде, необходимо оградить газовую массу от соприкосновения со стеклом, то есть удерживать газ как можно ближе к центру сферы.

В одном из сегодняшних экспериментов образовался кистевой электрический разряд на конце провода. Этот кистевой разряд представлял собой пламя, и являлся источником тепла и света. Он не излучал ни сколь-нибудь ощутимого тепла, ни интенсивного свечения. Но разве оттого, что оно не обжигает мою руку, оно в меньшей степени является пламенем? Разве оно меньше является пламенем, если не причиняет боль моим глазам своим ярким светом?

Проблемой является получение в лампе такого пламени, которое было бы значительно меньшего по размеру, но несравнимо более мощным. Если бы в нашем распоряжении имелись средства для выработки электрических импульсов существенно более высокой частоты, и средства для их передачи, то от лампы можно было бы избавиться совсем, если конечно она не использовалась для защиты электрода, или для экономии энергии, ограничивая собой распространение тепла. Но поскольку в нашем распоряжении нет таких средств, то мы вынуждены помещать электрод в лампу и разрежать в ней воздух. Это сделано только для того, чтобы обеспечить работу прибора, которая невозможна при обычном давлении воздуха. В лампе мы можем усилить действие до любой степени — вплоть до того, чтобы кистевой разряд излучал яркий свет.

Интенсивность излучаемого света зависит от частоты и разности потенциалов импульсов, а также от электрической плотности на поверхности электрода. Очень важно использовать как можно меньший по размеру электрод, это необходимо для увеличения плотности. Когда вокруг маленького электрода происходят интенсивные столкновения молекул, то он раскаляется до очень высокой температуры, но вокруг него находится масса сильно раскаленного газа, или фотосфера пламени, которая в сотни раз превышает объем электрода.

Если в лампе использован электрод с алмазом, карборундом или цирконием, то фотосфера может превосходить объем электрода более чем в тысячу раз. Если особо не вдумываться, то может показаться, что при таком сильном накаливании электрод сразу испарится, но при детальном рассмотрении оказывается, что теоретически этого быть не должно, и результаты экспериментов это подтверждают. Именно этот факт определяет главную ценность такого типа ламп в дальнейшем.

Вначале, когда бомбардировка только начинается, основная работа происходит на поверхности электрода, но когда образуется сильно электропроводная фотосфера, нагрузка на электрод уменьшается. Чем больше раскалена фотосфера, тем сильнее ее электропроводность

приближается к электропроводности электрода. Таким образом твердое тело и газ формируют единое электропроводное тело. Следствием этого является то, что при дальнейшем усилении накаливания, больше нагрузки приходится на газ и меньше на электрод. Образование мощной фотосферы оказывается главным фактором, обеспечивающим защиту электрода. Конечно, эта защита относительна, и не следует полагать, что при усиление накаливания уменьшается разрушение электрода. Тем не менее, теоретически, этот результат должен получаться при чрезвычайно высоких частотах, при температуре, намного превышающую точку плавления большинства из известных тугоплавких материалов. Поэтому электрод, способный противостоять очень мощной бомбардировке и другим внешним воздействиям, останется неповрежденным вне зависимости от того, как долго он подвергался такому, но более слабому воздействию. Применительно к лампе накаливания имеются совершенно иные соображения. Там газ ни с чем не связан: вся работа совершается на нити накаливания и время существования лампы ограничено только скоростью, с которой увеличивается степень накаливания. Именно экономические причины заставляют нас эксплуатировать ее при слабом накаливании. Но если лампа накаливания работает от тока очень высокой частоты, то действием газа пренебречь уже нельзя и правила экономной работы должны быть в значительной степени изменены. Для того, чтобы работа лампы с одним, или двумя электродами была близка к идеальной, необходимо задействовать импульсы очень высокой частоты. Помимо всего прочего, высокая частота предоставляет два важных преимущества, которые играют самую важную роль в экономических расчетах производства света. Во-первых, разрушение электрода уменьшается из-за того, что мы используем множество слабых воздействий, вместо нескольких сильных, которые быстро разрушают структуру электрода. Во-вторых, она способствует образованию большой фотосферы.

Для того, чтобы свести к минимуму разрушение электрода, желательно, чтобы колебания были гармоничными, так как любые рывки ускоряют процесс разрушения. Электрод проработает дольше, если накаливание создается током или импульсами, получаемыми от высокочастотного генератора переменного. Колебания такого тока происходят более плавно, нежели импульсы, получаемые от катушки пробойного разряда. В последнем случае нет сомнений, что большинство повреждений происходят из-за сильных внезапных разрядов. Одной из причин потерь энергии в такой лампе является бомбардировка сферы. Когда разность потенциалов очень высока, молекулы испускаются с большой скоростью, они ударяются о стекло и обычно вызывают сильное свечение. Получается очень красивый эффект, но по экономическим соображениям его следует избегать или сводить к минимуму. В данном случае, бомбардировка сферы, как правило, не вызывает фосфоресценцию, и потери энергии от бомбардировки снижаются. Эти потери энергии в лампе очень сильно зависят от разности потенциалов импульсов и от электрической плотности на поверхности электрода. При использовании тока очень высокой частоты, потери энергии в результате бомбардировки существенно уменьшаются. Во-первых, потому, что для получения такого же количества работы требуется меньшая разность потенциалов. Во-вторых, потому, что вокруг электрода создается высоко электропроводная фотосфера. То же самое получилось бы, если электрод был бы намного больше, что равнозначно меньшей электрической плотности.

Но уменьшая разность потенциалов, или плотность разряда, мы получаем определенную выгоду, а именно: избегаем сильных возмущений, которые настолько сильно воздействуют на стекло, что это порой превосходит пределы его эластичности. Если частота будет достаточно высока, то потери энергии вследствие недостаточной эластичности стекла будут совершенно незначительны. Потери энергии, вызванные бомбардировкой сферы, можно уменьшить, если использовать два электрода вместо одного. В этом случае каждый из электродов может быть подсоединен к одной из клемм, либо, если предпочтение отдается использованию только одного провода, то один электрод может быть подсоединен к клемме, а другой заземлен, или подсоединен к изолированному телу с определенной площадью поверхности, например, к затенителю лампы. В последнем случае, если не применить некоторые дополнительные настройки, то один из электродов может светиться более интенсивно, чем другой.

Но в целом, мне представляется предпочтительным, при задействовании тока столь высокой частоты, использовать только один электрод и один токопроводящий провод. Я убежден, что для работы осветительных приборов ближайшего будущего не потребуется больше одного подводящего провода, и в любом случае, они не будут иметь внутренних проводов, поскольку необходимую энергию можно будет с успехом подавать через стекло. В экспериментальных лампах внутренний провод в большинстве случаев используется из соображений удобства, так как при применении конденсаторного покрытия (как, например, способом, показанным на рис. 22) возникают некоторые трудности при соединении частей, но этих трудностей не должно возникать, при промышленном производстве большого количества ламп. В противном случае энергия может передаваться через стекло, а также через провод, а при таких высоких частотах потери энергии очень малы. Такие осветительные приборы будут неизбежно требовать для своей работы очень высокой разности потенциалов, что в глазах практиков может иметь спорное будущее. На самом же деле, высокая разность потенциалов не вызывает возражений — по крайней мере если обеспечена надежная безопасность таких устройств.

Есть два пути достижения безопасности электрических приборов. Один — это использовать низкую разность потенциалов, другой — создать аппаратуру с такими параметрами, чтобы ее безопасность не зависела от используемого напряжения. Из двух путей, последний мне кажется лучшим потому, что в этом случае обеспечивается абсолютная безопасность, не зависящая от каких-либо стечений обстоятельств, когда использование даже низкого напряжения могло бы представлять опасность для жизни, или для имущества. Но практические условия требуют не только определения разумных размеров аппаратуры, они также требуют применения определенного типа энергии. Например, легко создать трансформатор, который бы работал от обычного генератора переменного тока низкого напряжения, и который мог бы вырабатывать напряжение, необходимое для работы фосфоресцирующей трубки с сильным вакуумом. При этом, несмотря на столь высокое напряжение, эта трубка абсолютно безопасна, поскольку электрический удар от нее не причинит никакого вреда. Однако такой трансформатор будет довольно дорогим, и по своей сути неэффективным. Более того, электрическая энергия, полученная от него, не может быть экономично использована для освещения. Экономика требует использования энергии в виде очень быстрых колебаний. Проблема получения света подобна проблеме воспроизведения колоколом звука высоких тонов, можно сказать даже звука, находящегося на грани восприятия человеком. Даже эти слова недостаточно экспрессивны, чтобы выразить, насколько удивительна чувствительность человеческого глаза. Мы можем выдавать мощные удары через длительные интервалы времени, затрачивая на это много энергии, и не получая при этом того, что хотим. Либо, мы можем воспроизвести и держать ноту путем частых мягких ударов, что уже будет ближе к искомому уровню затратам энергии. В получении света может быть только одно правило, в рамках рассмотренных здесь осветительных приборов — использовать ток самой высокой частоты, которую только можно получить, однако, возможности для получения и передачи импульсов такого типа, по крайней мере сейчас, сильно ограниченны. Как только мы решим использовать ток очень высокой частоты, обратный провод станет ненужным, и конструкции всех устройств упростятся. Используя очевидные возможности, мы получим такой же результат, как и при применении возвратного провода. Для этого достаточно подсоединить к лампе, или расположить в непосредственной близости от нее изолированное тело с определенной площадью поверхности. Конечно, поверхность должна быть тем меньше, чем больше используемая частота и разность потенциалов. Кроме того, это необходимо для увеличения экономичности лампы или другого устройства.

Этот план работы устройств сегодня был применен в нескольких случаях. Так, например, накаливание электрода происходило в результате обхвата лампы рукой, то при этом тело экспериментатора служило для усиления интенсивности действия. Использованная лампа была похожа на ту, что представлена на Рис. 19. Возбуждение катушки проводилось до небольшой разности потенциалов, не достаточной для того, чтобы довести электрод до раскаленного

состояния, когда лампа висела на проводе, и недостаточной для того, чтобы выполнить эксперимент более подходящим способом. Электрод был сделан таким большим, чтобы прошло немало времени, прежде чем он раскалился в удерживаемой лампе. Конечно, контакт с лампой был совершенно необязателен. Используя довольно большую лампу с чрезвычайно маленьким электродом легко произвести регулировки таким образом, чтобы накал в лампе образовывался при простом приближении к ней экспериментатора на расстояние в несколько футов, и

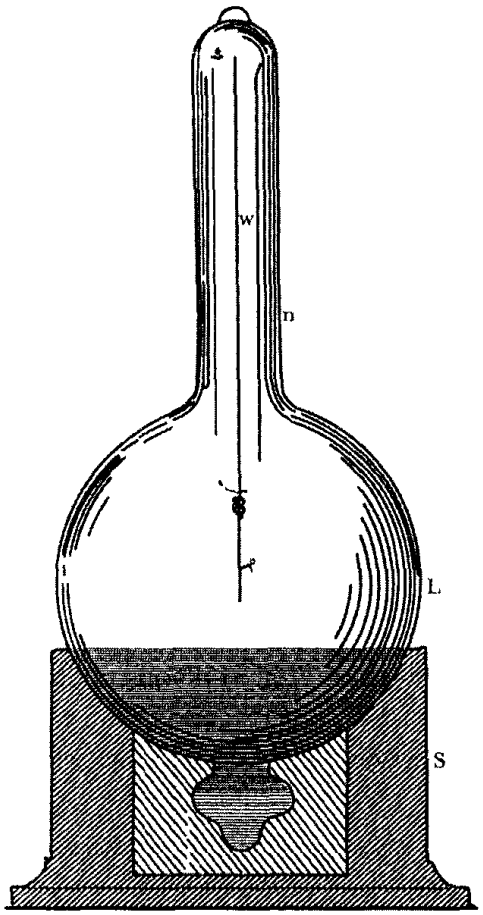


Рис. 24.

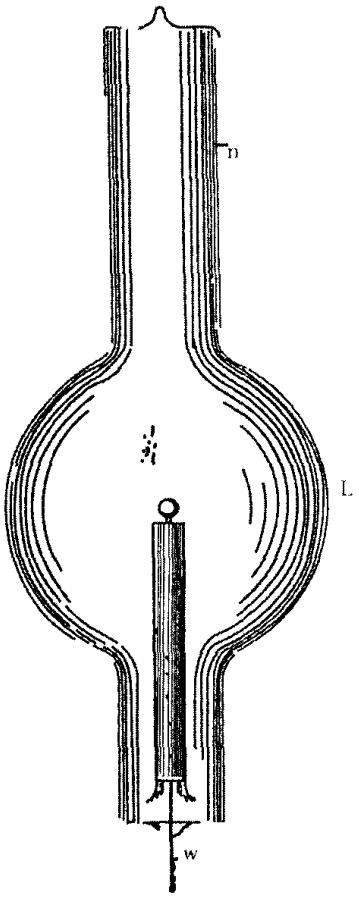


Рис. 25.

ослабевал при его удалении.

В другом эксперименте, когда возбуждалось свечение, была использована похожая лампа. Здесь вновь изначально разность потенциалов была недостаточной для того, чтобы возбудить фосфоресценцию, до тех пор, пока действие не было усилено. Однако в этом случае, для того чтобы продемонстрировать другое свойство, я дотрагиваюсь до цоколя лампы металлическим предметом, который держу в руке. Электрод в лампе представлял собой угольный электрод, настолько большую, что она не могла накалиться и тем самым испортить эффект, производимый свечением.

И вновь, как в одном из ранних экспериментов, была использована лампа, такая же, как изображенная на Рис.12. В данном случае, при касании лампы одним или двумя пальцами, на внутренней стороне стекла проецировались одна или две тени. Прикосновение пальцем вызывало такой же эффект, как и применение внешнего отрицательно заряженного электрода в обычных условиях.

Во всех этих экспериментах усиление действия достигалось увеличением емкости на конце подводящего провода, присоединенного к клемме. Как правило, прибегать к таким средствам, не обязательно, можно даже обойтись и без такой высокой частоты тока, но если они имеются, то можно легче адаптировать лампу или трубку для подобных целей.

Например, на Рис. 24 изображена экспериментальная лампа, в верхней части которой имеется шейка *n*. На внешнюю часть шейки наносится покрытие из фольги, которую можно подключить к телу с большой поверхностью. Лампа, изображенная на Рис. 25, также может

светиться, если покрытие из фольги на шейке *n* подключить к клемме, а внутренний провод *w* — к изолирующей пластине. Если лампа установлена в гнезде, поддерживающем ее в вертикальном положении так, как это изображено на рисунке в поперечном сечении, то мощность лампы можно увеличить, если в шейку *n* поместить небольшое количество электропроводного материала.

На Рис.26 представлена более совершенная компоновка элементов, использованная в конструкциях некоторых из этих ламп. Такая конструкция ламп показана и описана ранее, когда делались ссылки на Рис.19. Цинковый лист *Z* с трубкой *T* надет на металлическое гнездо *S*. Лампа подвешена на клемме *t*. Цинковый лист *Z* выполняет двойную функцию: усилителя и отражателя. Отражатель отделен от клеммы *t* насадкой изолирующей пробки *P*.

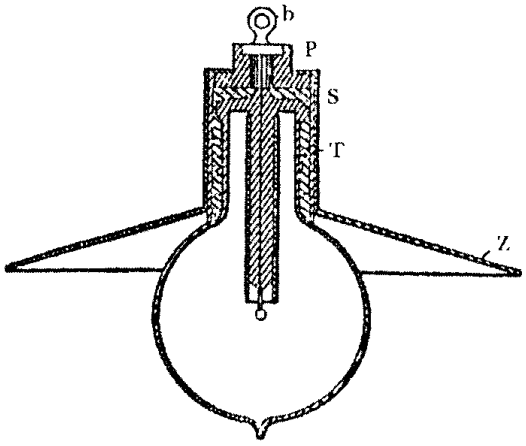


Рис. 26.

На Рис. 27 представлено похожее расположение компонентов со светящейся трубкой. Трубка *T* сделана из двух коротких трубок разного диаметра с запаянными краями. На нижний край нанесено внешнее электропроводное покрытие *C*, к которому подсоединяется провод *w*. На конце провода имеется крюк, за который он подвешивается в вертикальном положении. Сам провод проходит через внутреннюю центральную часть трубки, которая заполнена плотно утрамбованным изолирующим материалом. На внешней стороне верхнего края трубки *T* нанесено другое электропроводное покрытие C_1, на которое надет металлический отражатель *Z*, Отражатель должен быть отделен от конца провода *w* толстым слоем изолятора.

Для того, чтобы использовать такой отражатель, или усилитель в экономичном режиме требуется, чтобы энергия, поступающая на воздушный конденсатор, была восполнимой, или, другими словами, она не должна теряться, ни в газовой среде, ни где бы-то ни было еще. Это еще далеко от реальности, но, к счастью, подобным образом все же удается несколько снизить потери энергии.

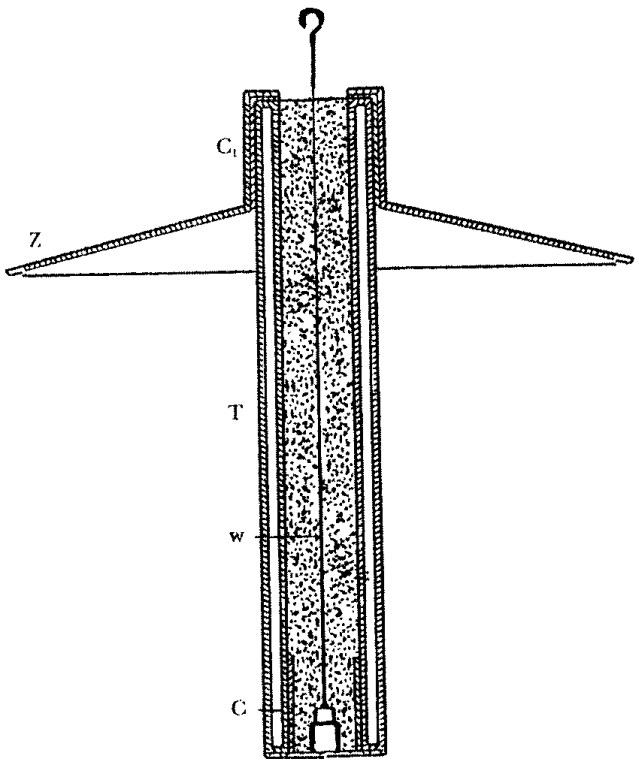


Рис. 27.

На этот предмет необходимо сделать несколько замечаний, с тем, чтобы пояснить результаты исследований, полученных в ходе экспериментов.

Представьте себе маленький соленоид, содержащий большое количество витков хорошо изолированного провода, такого как в эксперименте на рис. 17. Один из концов провода подсоединен к клемме индукционной катушки, а другой к металлической пластине, или, для простоты, к сфере, изолированной в пространстве. Когда катушка начинает работать, то потенциал сферы изменяется, что приводит к тому, что маленький соленоид ведет себя так, как если бы его свободный конец был подсоединен к другой клемме индукционной катушки. Если внутрь соленоида поместить железный стержень, то он быстро нагреется до высокой

температуры, что показывает прохождение сильного тока через соленоид. Как в этом случае ведет себя изолированная сфера? Она может играть роль конденсатора, сохраняющего и возвращающего направляемую к ней энергию, либо она может быть просто стоком энергии. И только условия эксперимента определяют, чем же она является в большей степени: конденсатором, или стоком. Если потенциал заряда сферы высок, то она индуктивно воздействует на воздух, или любую другую, окружающую ее газовую среду. Разумеется, молекулы, или атомы находящиеся вблизи сферы, притягиваются сильнее, и движутся на большее расстояние, чем те, которые находятся дальше. Когда ближайшие молекулы сталкиваются со сферой, они тут же отталкиваются назад, и столкновения происходят по всей области индуктивного действия сферы. Теперь нам известно, что если при постоянном потенциале происходит небольшая потеря энергии, то ближайшие к сфере молекулы, которые обладают дополнительным зарядом, полученным ими в результате столкновения со сферой, больше не притягиваются до тех пор, пока они на потеряют весь, или хотя бы большую часть своего дополнительного заряда, что происходит только в результате большого количества столкновений. Это умозаключение можно сделать основываясь на том факте, что при постоянном потенциале в сухом воздухе происходит, пусть и небольшая, но все же потеря энергии. Когда потенциал сферы вместо постоянного становится переменным, то условия меняются кардинальным образом. В этом случае ритмичная бомбардировка происходит вне зависимости от того, контактируют ли потом молекулы со сферой, уменьшая при этом сообщаемый заряд, или нет. Более того, если заряд не уменьшается, сила столкновений только увеличивается. Однако, если частота импульсов очень мала, потери, вызванные столкновениями, будут незначительными, и это будет продолжаться до тех пор, пока величина на станет чрезмерной. Но когда используются сверхвысокая частота и более или менее высокая разность потенциалов, потери могут быть очень большими. Общие потери энергии в единицу времени пропорциональны произведению числа столкновений в секунду, или частоте, и потере энергии в каждом столкновении. Но энергия столкновения должна быть пропорциональна квадрату электрической плотности сферы, так как заряд, сообщаемый молекуле, пропорционален его плотности. Из этого я сделал вывод, что общие потери энергии должны быть пропорциональны произведению частоты и квадрату электрической плотности, но этот закон нуждается в экспериментальном подтверждении. Если рассматривать предыдущие утверждения как истинные, то получается, что быстро изменяя разность потенциалов тела, погруженного в изолирующую газовую среду, можно рассеять в пространстве любое количество энергии. Я полагаю, что большая часть этой энергии не рассеивается в виде длинных эфирных волн, распространяющихся на значительное расстояние, как это обычно представляется, а расходуется в столкновениях и взаимодействиях, например, как в случае с использованием изолированной сферы, или, как в случае тепловых колебаний — на поверхности и вблизи сферы. Для того, чтобы уменьшить интенсивность рассеивания, необходимо использовать малую электрическую плотностью; чем они меньше, тем выше частота.

Но поскольку, в соответствии с выдвинутыми утверждениями, потери уменьшаются пропорционально квадрату плотности, и так как ток очень высокой частоты предполагает значительные потери при передаче его через проводник, следует, что в целом, предпочтительнее использовать один провод, чем два. Поэтому, если двигатели, лампы или устройства любых других типов будут усовершенствованы так, что они будут способны работать преимущественно от тока сверхвысокой частоты, то по экономическим причинам будет предпочтительнее использовать только один провод, особенно на большие расстояния.

Когда энергия поглощается в конденсаторе, то он ведет себя так, как если бы его емкость возросла. Поглощение всегда существует в большей, или в меньшей степени, но обычно оно невелико и при использовании тока не очень высокой частоты не влечет за собой каких-либо последствий.

При использовании тока сверхвысокой частоты, а также необходимой в таких случаях высокой разности потенциалов, абсорбция, или, более точно применительно к данному случаю,

потеря энергии, обусловленная наличием газообразной среды, является важным фактором, который следует принимать во внимание, так как энергия, абсорбируемая в воздушном конденсаторе, может представлять собой любую фракцию подаваемой энергии. Может показаться, что очень трудно отличить замеренную, или расчетную емкости воздушного конденсатора от его действительной емкости, или колебательный период, особенно, если конденсатор имеет очень маленькую поверхность или заряжается до очень высокой разности потенциалов. Так как многие важные результаты зависят от правильности оценки колебательного периода, то эта характеристика требует более тщательного изучения другими исследователями. Для того чтобы уменьшить вероятную ошибку в экспериментах такого типа, желательно использовать сферы, или пластины с большой поверхностью для того, чтобы максимально снизить электрическую плотность. В противном случае, там, где это возможно, предпочтительно использовать масляный конденсатор. В масле или другом жидком диэлектрике, по-видимому, нет таких потерь, как в газовой среде. Невозможно полностью исключить наличие газа в конденсаторах с твердым диэлектриком, такие конденсаторы должны быть погружены в масло хотя бы по экономическим соображениям, тогда к ним можно приложить максимальные нагрузки, и при этом они останутся холодными. В лейденских банках, потери, обусловленные наличием воздуха, сравнительно невелики благодаря тому, что покрытия из фольги большие, плотно прилегают друг к другу, а заряжаемые поверхности не подвержены прямому воздействию. Но когда разность потенциалов очень велика, то потери могут быть более или менее значительными в области верхнего края фольги, т.е. в основном там, где есть влияние воздуха. Если банку погрузить в прокипяченное масло, она будет способна выполнить работу в четыре раза большую, чем она может выполнить за тот же промежуток времени в обычных условиях, при этом потери энергии будут незначительны.

Не следует полагать, что потери при нагревании в воздушном конденсаторе обязательно связаны с образованием видимых стримеров или кистевых разрядов. Если небольшой электрод, размещенный в лампе без вакуума, подсоединить к одной из клемм катушки, то можно увидеть стримеры, исходящие с электрода, а воздух в лампе нагреется. Если вместо небольшого электрода взять большую сферу, и поместить ее внутрь лампы, то стримеры не появятся, а воздух в лампе все же нагреется.

Также не следует полагать, что температура воздушного конденсатора может дать даже приблизительное представление о потерях при нагревании, поскольку в таких случаях нагревание должно происходить намного быстрее. Это происходит потому, что в дополнение к обычному излучению, происходит очень активное выделение тепла независимыми носителями, и не только аппаратура, но и воздух на некотором расстоянии от нее нагревается от многочисленных столкновений.

Благодаря этому, в экспериментах с такой катушкой, повышение температуры может отчетливо наблюдаться только тогда, когда тело, подсоединенное к катушке, очень небольшое. Но в аппаратах большого размера, может быть нагрето даже тело значительного объема, как, например, тело человека. Я думаю, что квалифицированные врачи могли бы задуматься над вопросом о практическом использовании таких экспериментов, которые, если прибор правильно спроектирован, не должны представлять ни малейшей опасности.

Здесь возникает вопрос, представляющий некоторый интерес в основном для метеорологов. Каково поведение Земли? Земля — это воздушный конденсатор, но насколько совершенен этот конденсатор, или это только сток для энергии? Почти не вызывает сомнений факт, что при столь малом возбуждении, которое порождается в результате эксперимента, Земля ведет себя почти как идеальный конденсатор. Но он может быть и другим, когда вследствие резких возмущений, происходящих в небе, возникают колебания его заряда. Возможно, что в этом случае, как было заявлено ранее, только небольшая часть энергии колебаний может быть выброшена в пространство в виде долгих эфирных излучений, а большая часть энергии, как я полагаю, тратится на столкновения и иные воздействия молекул друг на друга, и выбрасывается в пространство в форме коротких тепловых и, возможно, световых

волн. Так как и частота колебаний заряда, и потенциал очень велики, то энергия, преобразуемая в тепло, может быть весьма значительной.

Так как плотность должна распределяться неравномерно вследствие неровности поверхности Земли, или за счет различных состояний атмосферы в разных местах, то получающийся эффект, соответственно, должен меняться от места к месту. Поэтому и возникают значительные изменения температуры и давления атмосферы в любой точке поверхности Земли. Изменения могут быть постепенными или очень внезапными, поэтому, в соответствии с природой общего возмущения, и возникают дождь, шторм или локальные изменения погоды в любую сторону.

Из приведенных выше замечаний можно увидеть, что свою важность фактор потерь энергии в воздухе вблизи от заряженной поверхности приобретает тогда, когда велика электрическая плотность, а частота импульсов — огромна. Но, как уже говорилось, это явление подразумевает, что воздух изолирован, то есть, состоит из независимых носителей заряда, погруженных в изолирующую среду. Это утверждение можно рассматривать как причину только тогда, когда давление воздуха близко к обычному (может быть чуть больше), либо, когда оно очень низкое. Когда воздух слабо разрежен и электропроводен, также происходят потери энергии. Конечно, в этом случае, при очень большой плотности, в пространство может быть рассеяно большое количество энергии даже при постоянном напряжении, или при импульсах низкой частоты.

Когда давление газа очень низкое, то электрод нагревается сильнее, так как скорость молекул намного выше. Если газ вокруг электрода сильно сжат, то любые перемещения молекул, а следовательно и их скорость очень малы, поэтому и нагревание незначительно. Но если в этом случае существенно возрастет частота, то электрод нагреется до высокой температуры, а также, если снизится давление газа. Фактически, необходимо только создать разрежение в лампе, так как мы не можем получить (а возможно, и передать) ток требуемой частоты .

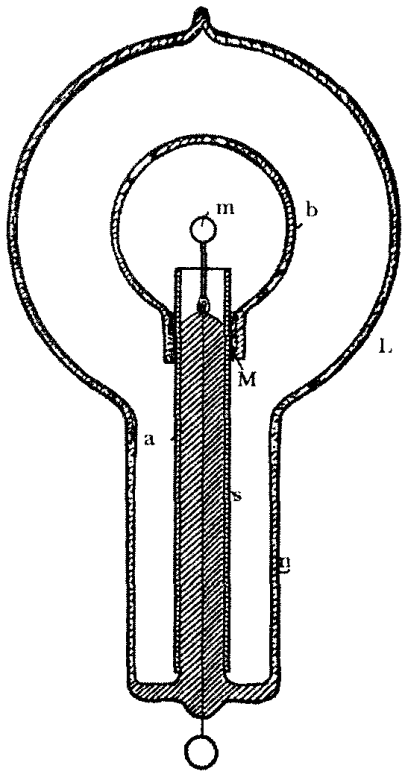


Рис. 28.

Вернемся к электроду в лампе. Он имеет очевидные преимущества в таких лампах, где нужно максимально ограничить распространение тепла от электрода за счет снижения циркуляции воздуха в ней. Если взять очень маленькую лампу, то нагревание в ней будет ограничено лучше, чем в большой, но она может не иметь достаточной емкости для работы от катушки, а если так, то стекло может сильно нагреваться. Самым простым решением в этой ситуации является использование сферы требуемого размера, но при этом нужно поместить маленькую лампу, диаметр которой правильно рассчитан, над тугоплавким электродом, находящимся внутри сферы. Такая конструкция приведена на Рис. 28.

В этом случае, сфера L оснащена большой горловиной *n*, которая позволяет маленькой лампе *b* перемещаться внутри большой. В противном случае конструкция должна быть такой, как, например, на Рис. 18. Маленькая лампа удобно расположена на стержне *s*, на котором также расположен тугоплавкий электрод *m*. Он отделен от алюминиевой трубки *a* несколькими слоями слюды *M* для того, чтобы предотвратить повреждение шейки во время быстрого нагревания алюминиевой трубки при включении тока. Если желаем получить свет только в результате накаливания электрода, то внутренняя лампа должна быть такой маленькой,

насколько это возможно. Если желаем получить свечение, то лампа должна быть больше, иначе она будет тоже нагреваться, и тогда свечение прекратится. Обычно, в таком устройстве светится только маленькая лампа, так как бомбардировка внешней сферы практически отсутствует. В некоторых из этих ламп, конструкция которых приведена на Рис. 28, маленькие трубки были покрыты слоем светящейся краски, что производило прекрасные эффекты.

Вместо того, чтобы для избежания перегрева, делать внутреннюю лампу большой, можно сделать больше электрод *m*. В этом случае бомбардировка ослабнет по причине уменьшения электрической плотности.

Множество ламп было изготовлено так, как показано на рис. 29. Здесь маленькая лампа *b*, внутри которой помещен огнеупорный электрод *m*, содержит очень сильный вакуум. Она помещена внутрь сферы *L* с умеренно разреженным газом, и запаяна наглухо. Основное достоинство этой конструкции в том, что она позволяет добиться очень сильного вакуума, и в то же время использовать большую лампу. В результате серии экспериментов с лампами, изображенными на Рис. 29, было установлено, что мы поступили правильно, сделав стержень *s* в области перемычки *e* очень толстым, а внутренний провод *w* тонким, так как иногда случается, что стержень в области перемычки нагревается и лампа лопается. Часто внешнюю сферу *L* откачивают лишь до такого состояния, чтобы мог проходить разряд, и пространство между лампами кажется темно-красным, что производит весьма любопытный эффект. В некоторых случаях, когда разрежение в большой сфере *L* очень низкое, а воздух хорошо проводит электричество, для того чтобы довести электрод *m* до состояния накала, необходимо нанести, желательно на верхнюю часть шейки сферы, покрытие из фольги, которое подсоединяется к изолированному телу, к другой клемме катушки или заземляется, поскольку хорошо проводящий ток воздух отчасти ослабляет эффект, вероятно, вследствие индуктивного воздействия со стороны провода *w* в месте, где он входит в лампу — в области перемычки *e*. Другая проблема, которая, однако, всегда присутствует, когда огнеупорный электрод располагается в очень маленькой лампе, и в устройстве изображенном на Рис. 29 — вакуум в лампе *b* ухудшается за сравнительно короткое время.

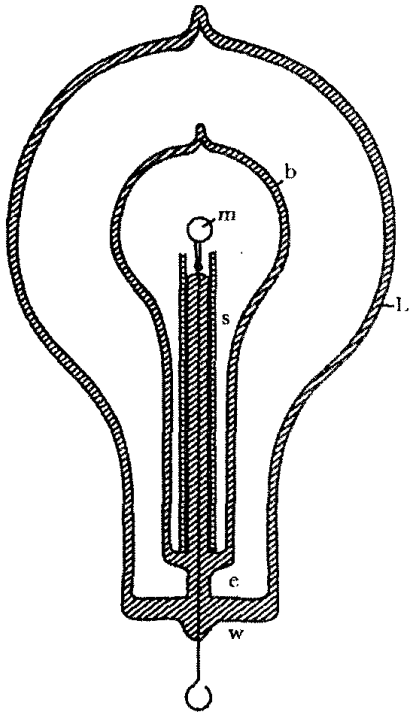


Рис. 29.

Главная идея двух последних описанных конструкций состоит в ограничении области нагрева рамками центральной части сферы, за счет не допущения циркуляции воздуха вокруг нее. Это достоинство конструкции обеспечивается, но благодаря нагреву внутренней лампы и медленному испарению стекла, трудно поддерживать вакуум, даже в конструкции, изображенной на рис. 28, в которой обе лампы сообщаются.

Но есть значительно более лучший способ — почти идеальный способ — это использование тока значительно более высокой частоты. Чем выше частота, тем медленнее обмен воздуха, и я думаю, что вполне можно получить частоту, при которой не было бы никакого обмена молекулами воздуха вокруг клеммы. Затем мы произвели бы пламя, которое происходит не в результате сжигания вещества. Это было бы необычное пламя, потому, что оно жесткое. При таких высоких частотах в игру вступает инерция частиц. Так как кистевой разряд, или пламя приобретает неподвижность благодаря инерции частиц, то их обмен следует предотвращать. Это неизбежно произойдет при увеличении числа импульсов, в результате чего потенциальная энергия частиц снизится до такой степени, что останутся только атомные

колебания, а движение и передачи энергии в рамках измеримого пространства прекратится. Таким образом, обычная газовая горелка, подсоединенная к источнику быстро изменяющегося напряжения, до определенного предела увеличивает свою эффективность. Это происходит по двум причинам, из-за дополнительно полученных колебаний и из-за замедления процесса распространения частиц.

Восполнение энергии несет в себе определенные трудности, но оно необходимо для поддержания "горения". Продолжая увеличивать частоту импульсов, с учетом того, что они могут передаваться и воздействовать на пламя, в результате получим "гашение" последнего, подразумевая под этим термином только прекращение химического процесса.

Тем не менее я полагаю, что в случае использования электрода, погруженного в жидкую изолирующую среду и окруженного независимыми носителями электрических зарядов, которые могут обладать индуктивным воздействием, в результате существенного увеличения частоты импульсов, вероятно, произойдет притяжение всего окружающего газа к электроду. Для подтверждения этого достаточно всего лишь принять на как истинное то, что независимые тела имеют различную форму. Таким образом они могут поворачиваться к электроду стороной, которая имеет наибольшую электрическую плотность. При нахождении тел в этом положении ближе к электроду, жидкостное сопротивление должно быть ниже, нежели тогда, когда они находятся на большем удалении от него.

Существует общераспространенное мнение, и я к нему присоединяюсь, что не может быть и речи о том, чтобы выработать ток такой частоты — если рассматривать некоторые из вышеизложенных положений как истинные — при которой можно получить результаты, обозначенные мною как возможные. Но я пришел к убеждению, что достижение этих результатов возможно при более низких частотах, нежели те, которые рассчитывались сначала. При установлении пламени, возникают легкие колебания, вызванные столкновениями атомов, или молекул. Но каково соотношение между частотой столкновений и вызванными колебаниями? Несомненно, что оно должно быть несравнимо меньше, чем частота ударов колокола и звуковых колебаний, либо частота разрядов и колебаний конденсатора. Мы можем побудить молекулы газа к столкновению, используя электрические импульсы переменного тока высокой частоты, и тем самым мы можем имитировать процесс, происходящий в пламени. Из экспериментов с частотами, которые мы можем получить, я сделал вывод, что мы можем получить данный результат при помощи импульсов, передаваемых через проводник.

В связи с этим, мне кажется, будет очень интересно продемонстрировать жесткость колебаний газовой колонки. Несмотря на то, что с использованием тока столь низкой частоты, как скажем 10 000 колебаний в секунду, который я легко мог получить от специально сконструированного генератора, выполнение этой задачи на первый взгляд кажется обескураживающим, я все же провел серию экспериментов. Пробные эксперименты с воздухом при обычном давлении не привели ни к какому результату, но результаты экспериментов с умеренно разреженным воздухом, я рассматриваю как безошибочное экспериментальное подтверждение искомого свойства. Поскольку результат такого рода может привести исследователей к важным умозаключениям, я опишу один из проведенных экспериментов.

Хорошо известно, что через трубку, содержащую слабо разреженный газ, разряд может проходить в виде тонкой светящейся нити. Когда разряд возникает от тока низкой частоты, получаемого от катушки, работающей в обычном режиме, эта нить инертна. Если к ней приблизить магнит, ближайшая к нему часть притянется или оттолкнется, в зависимости от направления силовых линий магнита. Я предположил, что если такую нить получить от тока очень высокой частоты, то она должна быть более или менее прочной, и поскольку нить будет видимой, то ее легче будет изучать. В связи с этим, я подготовил трубку около 1 дюйма в диаметре, и 1 метра в длину, с внешним покрытием на каждом конце. Воздух в трубке был разрежен до такой степени, при которой даже при слабом действии возникает нить разряда. Я должен заметить, что общие аспекты трубки и степень разрежения совершенно отличны от тех, которые применяются при обычном низкочастотном токе. Поскольку предпочтительнее

работать с одной клеммой, то трубка была подвешена к одному из концов провода, подсоединенного к клемме, покрытие из фольги подсоединено к проводу, а к нижнему слою покрытия подсоединена маленькая изолирующая пластинка. Когда нить образовывалась, она тянулась от верхнего конца трубки, до нижнего. Если она обладала упругостью, то эта упругость напоминала если не прочность эластичного шнура, натянутого между двумя опорами, то уж во всяком случае упругость шнура, подвешенного вертикально вниз при помощи небольшого груза на конце.

Когда к верхнему концу светящейся нити подносили палец или магнит, она могла менять свое положение в этом месте вследствие электростатического или магнитного воздействия. А когда объект возмущения очень быстро удалялся, получался результат аналогичный тому, когда вертикально подвешенный шнур быстро смещают в сторону и затем отпускают в точке, находящейся вблизи вертикали. При этом, когда в светящейся нити устанавливались колебания, образовывались два четко выделяющихся утолщения и нечеткое третье. Единожды установленные, колебания продолжались почти восемь минут, постепенно угасая. Скорость колебаний нередко меняется в ощутимых пределах, и было видно, что электростатическое притяжение стекла влияет на вибрирующую нить. Очевидно, что электростатическое действие не являлось причиной возникновения колебаний обычно неподвижной нити, которую всегда можно заставить вибрировать, если над верхней частью трубки быстро провести пальцем. Под действием магнита нить может разделяться на две вибрирующие части. Если поднести руку к нижнему покрытию трубки или к изолирующей пластине, то колебания ускоряются. Ускорение колебаний также происходит при увеличении напряжения, или частоты. Таким образом, либо увеличение частоты, либо прохождение более сильного разряда той же частоты, вызывают действие, соответствующее усилению натяжения шнура. Я не получил никаких экспериментальных доказательств истинности данной теории при использовании разрядов конденсатора. Светящаяся полоса, возникающая в лампе под действием повторяющихся разрядов лейденской банки, должна обладать прочностью, и если ее деформировать и резко отпустить, то она должна колебаться. Однако, количество вибрирующего вещества, возможно, настолько мало, несмотря на сверхвысокую скорость, инерция не может заметно проявить себя. Кроме того, вести наблюдение в таких случаях оказывается чрезвычайно трудным делом из-за присутствия основных колебаний.

Демонстрация того факта, который все еще нуждается в лучшем экспериментальном подтверждении, что колеблющееся газовое пламя обладает жесткостью, может очень сильно повлиять на научные взгляды ученых-теоретиков. Если учесть, что такие свойства могут быть замечены при низких частотах и незначительной разности потенциалов, то как же тогда должна вести себя газовая среда под воздействием сверхвысокого электростатического напряжения, которое может действовать в межзвездном пространстве, и которое может меняться с огромной скоростью? Существование такой электростатической, ритмически вибрирующей силы, — или вибрирующего электростатического поля, — может указать на возможный способ образования твердых тел из ультра-газообразной праматерии, и как поперечные и любые другие виды колебаний могут передаваться через газообразную среду, заполняющее все пространство. Далее, эфир и в самом деле может быть, лишенным твердости и состоянии покоя, он просто необходим как связующее звено, облегчающее взаимодействие. Что определяет твердость тела? Это должны быть скорость и масса движущейся материи. В газовой среде скорость может быть значительной, но плотность достаточно мала. В жидкости скорость также мала, хотя плотность может быть существенной. Но в обоих случаях инерционное сопротивление практически равно нулю. Но поместите газовую или жидкостную струю в интенсивное, быстро меняющееся электростатическое поле, придайте частицам колебания сверхвысокой скорости, и тогда инерционное сопротивление даст о себе знать. Тело сможет двигаться с большей или меньшей свободой через вибрирующую массу, но в целом оно будет твердым.

Есть предмет, который я должен упомянуть в связи с этим экспериментом. Это сильный вакуум. Это предмет, изучение которого не только интересно, но и полезно, так как это может привести к результатам большой практической важности. Заполнение промышленных

электрических устройств, таких как лампы накаливания, работающие от обычных распределительных систем, более сильным вакуумом, не даст никаких преимуществ. В этом случае работа выполняется на нити накаливания и состояние газа не имеет большого значения, поэтому улучшение будет, но незначительное. Но когда мы начинаем использовать очень высокие частоты и потенциалы, роль газа становится очень важной, и степень разрежения существенно влияет на результат. До тех пор, пока использовались обычные, пусть даже очень большие, катушки, возможности изучения данного предмета были ограничены. Они не простирались далее точки, с которой начиналось самое интересное, останавливаясь по достижении "не-пробиваемого" вакуума. Но сегодня мы можем получить от маленькой катуки пробойнго разряда катушки такую высокую разность потенциалов, которую не смогла бы дать даже самая большая обычная катушка, и что более важно, мы можем сделать так, чтобы разность потенциалов изменялась с большой скоростью. Теперь оба этих фактора позволяют нам передавать светящийся разряд через любой доступный вакуум, и область наших исследований существенно расширяется. В настоящее время из всех возможных направлений разработок практических осветительных приборов, работа в направлении сильного вакуума представляется наиболее многообещающей. Но для получения очень сильного вакуума устройства необходимо сильно усовершенствовать. Но мы не сможем это сделать до тех пор, пока мы не откажемся от механической и не улучшим электрическую вакуумную помпу. Молекулы и атомы могут выбрасываться лампой под действием сверхвысокой разности потенциалов. Это будет лежать в основе принципа работы вакуумной помпы в будущем. Сегодня мы можем получить наилучшие результаты использую механические приспособления. В этом отношении я не могу не сказать несколько слов о методе и приборе для получения высокой степени разрежения, который в ходе моих исследований зарекомендовал себя весьма неплохо. Вполне возможно, что и другие экспериментаторы использовали схожие устройства. Поскольку вполне возможно, что в их описаниях найдется немало интересного для других ученых, позволю себе несколько замечаний в отношении данного предмета, дабы представить исследование в более законченном виде.

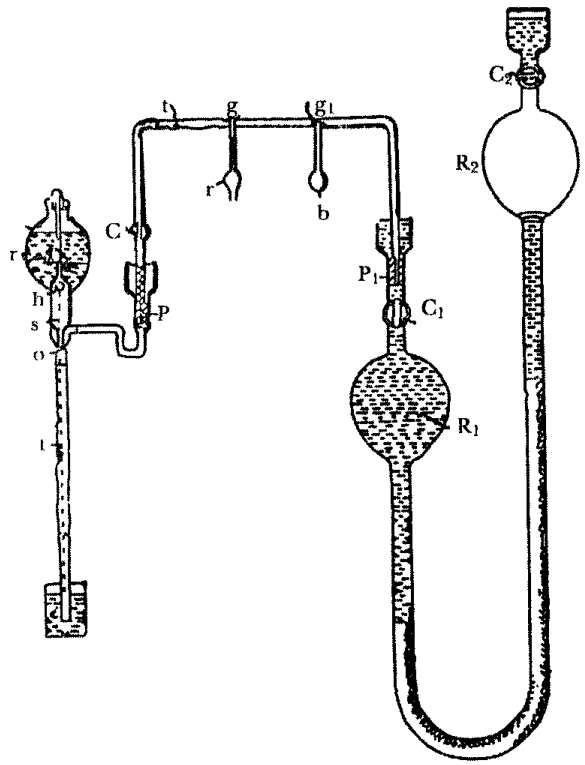


Рис. 30.

На Рис. 30 изображен прибор, где S — это помпа Спренгеля, которая была специально сконструирована для этой работы. Запорный кран, который обычно применяется, был удален, и вместо него в горловину резервуара R вмонтирована пустотелая пробка s. В пробке сделано маленькое отверстие b, через которое опускается ртуть. Размер входного отверстия o определяется в соответствии с сечением трубки t, которая припаяна к резервуару, вместо того, чтобы быть подсоединенной к нему обычным способом. В конструкции этого прибора устранены некоторые недостатки, позволяющие избежать сложностей, которые часто возникали при использовании запорного крана на резервуаре и соединения последнего с низводящей трубкой.

Помпа через U-образную трубку t подсоединена к очень большому резервуару R_1. При сборке особое внимание следует уделить шлифовке поверхностей пробок p и p_1. Обе пробки и ртутные чашки над ними сделаны очень длинными длинными. После того, как U-образную трубку смонтируют и установят на своем месте, ее нагревают, для того, чтобы смягчить и снять

напряжение, которое может возникнуть в результате недостактов монтажа. U-образная трубку оснащена запорным краном и двумя отводами: g и g_1. Один из отводов, подключаемый к маленькой лампе $_b$, обычно заполняется каустической содой, а другой, подключаемый к приемному резервуару $_r$, содержит разреженный воздух.

Резервуар R_1 посредством резиновой трубки подключается к немного большему по размеру резервуару R_2. Каждый из двух резервуаров снабжен запорными кранами C_1 и C_2, соответственно. Резервуар R_2 можно поднимать и опускать при помощи колеса и штатива. Диапазон его движений определен так, что если он заполнен ртутью и запорный кран C_2 закрыт, то когда он поднят, в нем образуется Торричеллева пустота. Он может быть поднят так высоко, что ртуть в резервуаре R_1 останавливается немного выше запорного крана C_1, и когда этот запорный кран закрыт, а резервуар R_2 опущен так, что в резервуаре R_1 образуется Торричеллиева пустота, то ртуть может быть опускаться настолько, что полностью заполняет полость последнего. Ртуть заполняет резервуар R_2 до уровня расположенного немного выше запорного крана C_2.

Емкость помпы и соединений были сделаны настолько маленькими, насколько это было возможно относительно объема резервуара R_1, так как степень разрежения зависит от соотношения этих параметров.

Я объединил обычные средства, указанные в предыдущих экспериментах для получения очень сильного вакуума, с этим аппаратом. В большинстве экспериментов было удобно использовать едкое кали. Я осмелюсь высказать некоторые замечания в отношении его использования. Экономится много времени, и работа помпы улучшается, если в момент установки помпы, или непосредственно перед этим, расплавить и довести едкий кали до кипеиия. Если этот процесс не проделать, то клеи, которые обычно используются, очень медленно могут испускать небольшая влажность, при наличии которой помпа может работать в течение многих часов не создавая сильный вакуум. Едкое кали нагревается либо спиртовой горелкой, либо пропусканием через него разряда, либо пропуская ток по проходящему через него проводу. Преимущество последнего варианта в том, что нагревание можно повторять значительно быстрее.

Обычно процесс разрежения протекает следующим образом. В начале работы запорные краны C_1 и C_2 открыты, а все другие соединения закрыты. Резервуар R_2 поднимается до тех пор, пока ртуть не заполнит резервуар R_1, и часть U-образной трубки. Когда помпа начинает работать, ртуть должна быстро подниматься в трубке, и резервуар R_2 опускается, а экспериментатор поддерживает уровень ртути на том же уровне. Резервуар R_2 уравновешивается длинной пружиной, которая облегчает действие, а силы трения частей обычно в целом достаточно для того, чтобы удерживать его практически в любом положении. Когда помпа Спренгеля заканчивает свою работу, резервуар R_2 опускается еще ниже, ртуть опускается в резервуар R_1 и заполняет резервуар R_2, над которым закрывается запорный кран C_2. Воздух, налипший на стенки резервуара R_1 и абсорбированный ртутью, удаляется, и ртуть освобождается от всего воздуха в резервуаре R_2, который он набрал за время долгой работы, перемещаясь вверх и вниз. Во время этого процесса некоторое количество воздуха, которое должно было собираться ниже запорного крана C_2, удаляется из резервуара R_2 в результате опускания его вниз и открывания крана, который позже перед подъемом резервуара закрывается. Когда весь воздух из ртути удален и он больше не собирается в резервуаре R_2 при его опускании, прибегают к действию каустического поташа. Теперь резервуар R_2 вновь поднимается до тех пор, пока ртуть в резервуаре R_1 ие поднимется выше запорного крана C_1. Каустический поташ расплавлен и находится в состоянии кипения. При этом влага частично удаляется помпой, а частично реабсорбируется. Этот процесс нагревания и охлаждения повторяется много раз, и каждый для абсорбирования и удаления влаги требуется все больше подъемов и опусканий резервуара R_2. Таким образом, вся влага удаляется из ртути и оба резервуара приводят в состояние , пригодное для использования. Затем, резервуар R_2 вновь поднимают в самое верхнее положение, а помпу оставляют в рабом режиме на длительный

период времени. После получения максимально возможного вакуума при помощи помпы, лампу с поташем обычно заворачивают в хлопок, смоченный эфиром для того, чтобы сохранить низкую температуру поташа. Затем резервуар R_2 опускают, а на опустошенный резервуар R_1 надевают приемный резервуар r, и быстро запаивают.

Когда приносят новую лампу, ртуть всегда должна быть выше запорного крана C_1, который закрыт для того, чтобы всегда сохранять ртуть и оба резервуара в наилучшем состоянии и ртуть никогда не выливается из резервуара R_1, за исключением случаев, когда помпа достигает наивысшей степени разрежения. Это правило необходимо соблюдать, если Вы желаете успешно пользоваться этим аппаратом.

Используя эти приспособления, я мог совершать процесс очень быстро, и когда прибор был в идеальном состоянии, то было возможно достичь стадии фосфоресценции в маленькой лампе менее чем за 15 минут. Это время определенно является очень быстрым для маленькой лабораторной установки, требующей всего около 100 фунтов ртути.

В обычной маленькой лампе соотношение емкости помпы, приемного резервуара и соединений к резервуару R составляет где-то 1 к 20. Степень достигаемого разрежения получается очень высокой, хотя я и не могу дать точное определение насколько оно велико.

Что больше всего производит впечатление на исследователя при проведении этих опытов, так это поведение газов, которые подвергаются воздействию очень быстро изменяющемуся электростатическому напряжению. Но исследователя не должно покидать сомнение: в наблюдаемых эффектах принимают участие только молекулы и атомы газа, которые нам хорошо известны по результатам химического анализа, или же в них принимает участие еще и другая газообразная среда, включающая в себя атомы и молекулы жидкости, заполняющей пространство. Такая среда, несомненно, должна существовать, и я убежден что, например, даже при отсутствии воздуха и непосредственно прилегающее к нему пространство, должны нагреваться из-за быстро меняющейся разности потенциалов тела. Но такое нагревание не может происходить, если все свободные атомы удалены и остались только атомы однородных, несжимающиеся и упругих жидкостей, например, таких как эфир, которые не допускают никаких взаимодействий и столкновений. В этом случае, могут происходить только фрикционные потери и только в той степени, в которой это позволяет само тело.

Поразительно то, что с увеличением частоты импульсов, разряд проходит через газ все легче и легче. В этом плане его поведение прямо противоположно тому, что происходит в металлическом проводнике. В последнем случае полное сопротивление -импеданс — наступает при увеличении частоты. Но газ должен проявлять себя как несколько последовательно включенных конденсаторов: легкость, с которой проходит разряд, возможно, зависит от скорости изменения разности потенциалов. Если это так, тогда в вакуумной трубке даже очень большой длины и вне зависимости от силы тока, не могла бы возникнуть сколь-нибудь существенная самоиндукция. Таким образом, мы с Вами сейчас можем воочию убедиться, что через проводник в газовой среде могут проходить импульсы такой частоты, какую мы только сможем получить. Если бы мы смогли увеличить частоту до необходимой величины, то смогли бы создать систему распределения электрической энергии, которой заинтересовались бы и газовые компании: металлические трубы, заполненные газом — где металл выступает как изолятор, а газ — как проводник, снабжающий энергией фосфоресцентные лампы и, возможно, устройства, которые еще не изобретены. Нет сомнений в том, что вполне возможно, взять полый медный стержень, создать в нем разрежение газа, и при помощи импульсов достаточно высокой частоты, проходящих по цепям вокруг него, довести газ внутри стержня до высокой степени накаливания. Но поскольку мы еще мало знаем о природе этих сил, то возникают сомнения: а будет ли с такими импульсами медный стержень вести себя как статичный экран? С такими парадоксами и причинами, обуславливающими явную невозможность осуществления тех, или иных проектов, мы сталкиваемся на каждом шагу этого направления работы, а в этом в основном и заключается обаяние исследовательской работы.

А сейчас, я беру короткую и широкую трубку, внутри которой имеется газ с высокой

степенью разреженности, и которая имеет прочное бронзовое покрытие, едва позволяющее свету проходить через него. Металлическая застежка, с крюком для подвешивания трубки, закреплена вокруг средней части последней. Зажим находится в контакте с бронзовым покрытием. Теперь я хочу, чтобы газ внутри трубки стал излучать свет, когда я подвешу трубку на провод, подсоединенный к катушке. Любому, кто захочет провести этот эксперимент в первый раз, не имея никакого предварительного опыта, следует позаботиться о том, чтобы в этот момент никого из посторонних в комнате не было. В противном случае, он может стать объектом насмешек со стороны своих помощников. Однако, , несмотря на наличие металлического покрытия, лампа засветилась, и свет отчетливо проступает сквозь нее. Длинная трубка, покрытая алюминиевой бронзой, излучает яркий свет, когда я удерживаю ее в одной руке, а другой рукой касаюсь клеммы катушки. Можно было бы возразить, что покрытия обладают недостаточной степенью электропроводности, а поскольку они обладают высоким сопротивлением, то должны экранировать газ. Они, несомненно, служат хорошим экраном в состоянии покоя, но когда на покрытие воздействует разряд, то экранирующая способность существенно ослабевает. Однако внутри трубки, несмотря на наличие экрана, именно из-за наличия газа, происходит большая потеря.

Если бы мы взяли большую полую металлическую сферу и заполнили ее самым совершенным, несжимаемым жидким диэлектриком, даже несмотря на быстрое изменение потенциалов, внутри сферы у нас не было бы потерь энергии, и, следовательно, сферу можно было бы рассматривать как полностью экранированную. Если бы мы заполнили сферу маслом, то потери энергии были бы значительно меньше, нежели тогда, когда вместо жидкости используется газ, поскольку в последнем случае, возникает сила, вызывающая перемещения, то есть взаимодействия и столкновения частиц внутри сферы.

Давление газа внутри сферы не имеет большого значения. Этот фактор приобретает значение при нагревании проводника, когда электрическая плотность становится огромной, а частота очень высокой. Таким образом, при нагревании проводников при помощи светящихся разрядов, воздух становится элементом исключительной важности. Этот факт можно рассматривать как совершенно точный, почти так, как если бы он был подтвержден экспериментально. Я могу проиллюстрировать действие воздуха в следующем эксперименте: я беру короткую трубку, заполненную вакуумом средней степени, и платиновую проволоку, протянутую через середину трубки от одного конца к другому. Затем пропускаю через проволоку постоянный или низкочастотный ток, и она равномерно нагревается по всей длине. Нагревание здесь произошло вследствие проводимости или фрикционных потерь, и газ вокруг проволоки, как мы можем убедиться воочию, не играет никакой роли. А теперь я пропускаю через проволоку резкие разряды, или ток высокой частоты. Проволока опять нагревается, но сильнее на концах и меньше в средней части, а если частота импульсов, или скорость изменения потенциалов достаточно высоки, то проволока может оборваться в середине, а может и не оборваться, поскольку практически все нагревание происходит благодаря разреженному газу. Здесь газ может выступать только как проводник с нулевым сопротивлением, по которому течет ток от провода, так как сопротивление последнего взросло до огромного значения, вследствие нагрева концов провода, произошедшего из-за сопротивления проходящему по ним разряду. Но совершенно нет необходимости в том, чтобы газ в трубке был электропроводным. Он может быть очень низкого давления, и тогда концы проволоки будут нагреваться. При этом, как было установлено экспериментально, эти концы могут и не иметь электрического контакта через газовую среду. Что теперь происходит с частотами и разностью потенциалов в разреженной трубке, подверженной воздействию светящихся разрядов при обычном давлении? Мы должны помнить один из фактов, полученных в результате данных исследований, а именно: по отношению к импульсам очень высокой частоты газ, находящийся под обычным давлением, ведет себя почти так же, как и газ, находящийся под умеренно низким давлением. Я думаю, что при частых разрядах, проволока или электропроводные объекты часто улетучиваются только потому, что вокруг них присутствует воздух. А вот если бы проводник был погружен в изолирующую жидкость, то остался бы цел, поскольку в этом случае энергии

пришлось бы найти себе иной выход. Из поведения газа при скачкообразных импульсах высокого напряжения я сделал вывод, что не может быть никакого другого верного способа направить светящийся разряд, кроме как позволить ему пройти через некий объем газа, если подобное можно осуществить на практике.

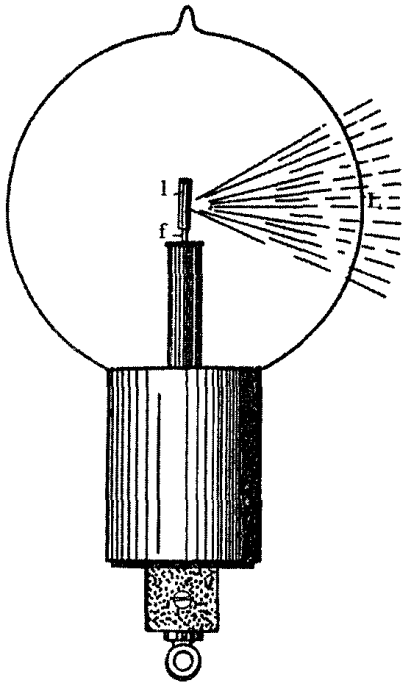


Рис. 31.

Есть еще две особенности, связанные с этим экспериментом, на которых, я думаю, необходимо остановиться подробнее — это "лучистое состояние" и "не зажигающий вакуум".

Любой, кто изучал работы Крукса, должен прийти к выводу, что "лучистое состояние" является свойством газа, находящего в состоянии сверхвысокого разрежения. Но следует помнить, что явления, наблюдаемые в сосуде с разреженным газом, ограничены свойствами и возможностями используемого аппарата. Я думаю, что в лампе движение молекулы или атома происходит по прямой линии не потому, что он не встречает на своем пути преград, а потому, что скорость, приданная ему, достаточно высока для того, чтобы его движение происходило по прямой линии. Свободный для движения путь — это одно, а скорость, то есть энергия, связанная с движущимся телом, — это другое, и я думаю, что при обычных условиях она относится к разности потенциалов, или к скорости. При большой разности потенциалов и при сравнительно низкой степени разрежения газа, катушка пробойного разряда вызывает свечение и проецирует тени. В светящемся разряде, при обычном давлении, частицы движутся по прямым линиям тогда, когда усредненный свободный путь по протяженности очень мал, и часто изображение проволоки, или других металлических предметов, производятся частицами, направленными по прямым линиям.

Я подготовил лампу, чтобы экспериментально показать правильность этих утверждений. В шаре L (рис. 31) я поместил над нитью накаливания f кусочек извести l. Нить накаливания соединена с проволокой, которая идет внутрь лампы, конструкция которой приведена на Рис. 19 и описана выше. Лампа подвешена на проволоке, подсоединенной к клемме катушки. Когда катушка приводится в действие, то выступающую часть нити накаливания f с кусочком извести подвергают бомбардировке. Степень разрежения в лампе такова, что напряжение катушки может вызвать свечение стекла, но при ослаблении вакуума оно исчезает. Известь содержит влагу, а при нагревании влага выделяется, поэтому свечение продолжается всего лишь несколько мгновений. Когда известь достаточно сильно нагревается, значительное количество выделившейся влаги существенно ухудшает качество вакуума в лампе. При бомбардировке одна часть куска извести нагревается больше, чем остальные, в конце концов, практически все разряды проходят через эту, интенсивно нагреваемую часть, и белый поток частиц извести (Рис. 31) вырывается вперед из этой точки. Этот поток состоит из "лучистого" вещества, хотя степень разрежения низкая. Но частицы движутся по прямым линиям, так как скорость, приданная частицам велика. Высокая скорость частиц обусловлена тремя причинами: высокой электрической плотностью, высокой температурой в малой области воздействия и тем фактом, что частицы извести легко отделяются и испускаются, гораздо легче, чем частицы углерода. При работе с частотами, которые мы способны получить, частицы целиком испускаются и выбрасываются на значительное расстояние, но при более высоких частотах этого не происходит. В этом случае только напряжение или колебания могут распространяться через лампу. Если бы атомы двигались со скоростью света, то мы никогда бы не смогли получить такую частоту. Я полагаю, что это невозможно, так как для этого требуется огромная разность потенциалов. С той разностью потенциалов, которую мы способны получить даже при помощи катушки пробойного разряда, скорость атомов должна быть совершенно незначительной.

Что касается "не зажигающего вакуума", то было замечено, что он может возникать только при низкочастотных импульсах. Это обусловлено невозможностью испускания достаточного количества энергии такими импульсами при сильном вакууме, так как некоторые атомы, находящиеся вокруг клеммы взаимодействуют с теми, которые отталкиваются и удерживаются на расстоянии сравнительно долгий период времени. При этом выполняется недостаточно работы для того, чтобы вызвать эффект, воспринимаемый глазом. Если разность потенциалов между клеммами увеличивается, то диэлектрик разрушается. Но при импульсах очень высокой частоты разрушения диэлектрика может и не быть, так как некоторое количество выполняется непрерывным возбуждением атомов в разреженном сосуде, при условии, что частота достаточно велика. Даже при частоте, получаемой от генератора переменного тока,

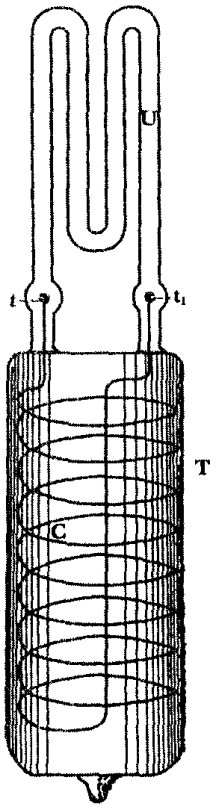


Рис. 32.

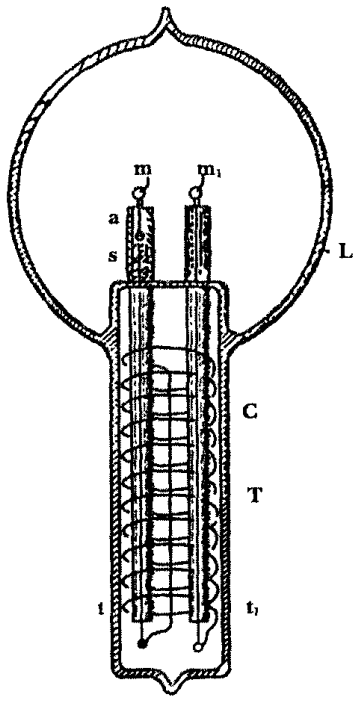


Рис. 33.

использованного в данном эксперименте, можно легко достичь состояния, при котором разряд не проходит между двумя электродами в узкой трубке, где каждый из электродов подсоединен к одной из клемм катушки. Однако достичь состояния, при котором вокруг электродов светящийся разряд не мог бы возникать, совсем не просто.

При этом в отношении тока высокой частоты возникает совершенно естественная мысль: а почему бы не использовать его как мощное средство электродинамического воздействия для производства световых эффектов в запаянном стеклянном сосуде. Наличие внутреннего провода является одним из недостатков существующих ламп накаливания. И если никаких других усовершенствований не будет привнесено в конструкцию ламп, то уж по крайней мере этот недостаток можно устранить. Следуя этой мысли, я продолжил эксперименты в различных направлениях, некоторые из которых изложил в моей предыдущей работе. А сейчас я бы хотел остановиться на двух других направлениях проводимых экспериментов.

На Рис. 32 представлены конструкции ламп, изготовленных в большом количестве.

На Рис. 32 широкая трубка T припаяна к маленькой W-образной трубке U из фосфоресцирующего стекла. В трубку T помещена катушка C из алюминиевой проволоки, на концах которой имеются небольшие алюминиевые сферы t и t_1, входящие внутрь трубки U. Трубка T вставлена в гнездо, содержащее первичную катушку, через которую обычно проходит разряд из лейденских банок. Под воздействием тока высокого напряжения, вызванного в катушке C, разреженный газ в маленькой трубке U излучает мощный свет. Когда для

индуцирования тока в катушке C используется разряд лейденской банки, то необходимо плотно набить трубку T изолирующим порошком, так как часто возникает разряд между витками катушки, особенно тогда, когда первичная катушка толстая, а воздушный зазор, через который происходит разряд банок — большой. Если принять эти меры, то никаких подобных осложнений в дальнейшем не возникнет.

На Рис. 33 представлена другая конструкция лампы. В этом случае трубка T припаяна к шару L. Трубка содержит катушку C, концы которой проходят через две маленьких стеклянные трубки t и t_1, которые припаяны к трубке T. Два тугоплавких электрода m и m_1 размещены на нитях накаливания лампы, которые подсоединены к концам проводов, проходящих через стеклянные трубки t и t_1.

Обычно в лампе, сделанной по этой, схеме шар L сообщается с трубкой T. Для этого концы маленьких трубок t и t_1 слегка нагреваются в пламени горелки, а затем просто прикладываются к проволоке, но так, чтобы не повредить соединение. Сначала подготавливается трубка T с маленькими трубками, проводами внутри них и тугоплавкими электродами m и m_1, а затем припаивается к шару L, над которым устанавливается и подключается катушка C. Затем трубка T заполняется изолирующим порошком, который утрамбовывается как можно плотнее, и закрывается. В трубке оставляется только маленькое отверстие, через которое досыпаются остатки порошка, и в конце концов трубка запаивается совсем. Обычно в конструкциях ламп, изображенных на Рис. 33, алюминиевая трубка a крепится на верхней части s каждой из трубок t и t_1. Это нужно для того, чтобы не допустить нагревания верхней части трубки. Электроды m и m_1 можно доводить до любой степени накала, при помощи разрядов лейденской банки, проходящих через катушку C. В таких лампах с двумя электродами возникает очень красивый эффект, связанный с образованием теней от каждого из электродов.

Целью другого направления экспериментов, являлось индуцирование тока, или светящегося разряда в вакуумной трубке при помощи электродинамической индукции. Этот предмет настолько широко исследован и описан в трудах профессора Дж. Дж. Томсона, что я если мог бы что-либо добавить, то очень немногое, даже если бы это было отдельной темой данной лекции. Но поскольку эксперименты в этом направлении дали определенные результаты и сформировали у меня определенные взгляды, мне представляется необходимым сказать об этом несколько слов.

Не вызывает сомнения факт, и результаты многочисленных опытов это подтверждают, что по мере увеличения длины трубки (т.е в каждой последующей единице ее длины), постепенно уменьшается электродвижущая сила, необходимая для прохождения разряда. Поэтому, в разреженной трубке достаточной длины, можно получить светящийся разряд даже при низкой частоте, если замкнуть трубку на себя. Такую трубку можно разместить вокруг комнаты или на потолке, в результате получится простое устройство, способное дать значительное освещение. Но это устройство было бы сложным в производстве и совершенно нерегулируемым. Сделать трубку маленькой длины — тоже не самый лучший выход, поскольку при обычных частотах возникали бы большие потери энергии на покрытиях. Помимо этого, при использовании покрытий, лучше подавать ток непосредственно на трубку, подключая покрытия к трансформатору. Но, даже если устранить все подобное недостатки, , то, как я уже отмечал ранее, на низких частотах преобразование света как таковое все же будет неэффективным. При использовании сверхвысоких частот длина вторичной обмотки или, другими словами, размер сосуда, может быть уменьшен до желаемой величины, а эффективность преобразования света возрастет, разумеется, при условии, что будут созданы средства для получения таких высоких частот. Таким образом, принимая во внимание как теоретически, так и практические данные, мы сможем использовать ток высокой частоты, а это означает, что мы получим мощную электродвижущую силу при слабом токе в первичной обмотке. Когда Томсон работал с зарядом конденсатора, а это единственное на сегодняшний день известное средство для получения тока высокой частоты, то он смог получить электродвижущую силу, мощностью в несколько тысяч

вольт на каждый виток первичной обмотки. Однако Он не смог усилить эффект электродинамической индуктивности увеличением числа витков первичной обмотки и сделал вывод, что лучше всего работать с одним витком, хотя он и должен был иногда отступать от этого правила — он должен был справляться с тем индуктивным эффектом, который мог получить от одного витка. Но еще до начала экспериментов с токами высокой частоты, необходимыми для получения в маленькой лампе электродвижущей силы в несколько тысяч вольт, он создал несколько очень важных электростатических эффектов. С увеличением частоты увеличивается значение этих эффектов по отношению к электродинамическим.

Сегодня, в этой области, главным предметом наших желаний является увеличение частоты, что неизбежно ухудшит электродинамические эффекты. С другой стороны, сегодня можно легко усиливать электростатическое действие путем увеличения витков на вторичной обмотке, или сочетанием самоиндукции и емкости с увеличением напряжения.

Также следует помнить, что при уменьшении тока до минимальной величины и увеличении напряжения, электрические импульсы высокой частоты могут легче проходить через проводник.

Эти и другие доводы побудили меня обратить больше внимания на электростатические явления, и я задался целью получить ток как можно более высокого напряжения с как можно более быстрыми колебаниями. Затем я обнаружил, что могу вызвать возбуждения в вакуумной трубке, находящейся на значительном расстоянии от проводника, подключенного к катушке определенной конструкции. Я также обнаружил, что могу, преобразовав колебательный ток конденсатора в высокое напряжение, установить переменные электростатические поля, действие которых распространяется по всему объему комнаты, заставляя трубку светиться вне зависимости от ее положения в пространстве. Я понял, что сделал шаг вперед и продолжил исследования в этом направлении, но хочу сказать, что я, как и все те, кто влюблен в науку и прогресс, желаем только одного — добиться такого результата своей работы, который мог бы найти себе применение во всех областях человеческой деятельности.

Я думая, что это верное направление работы, поскольку исходя из результатов наблюдений за явлениями, которые появляются при работе с токами высокой частоты, я не вижу, за исключением электростатических сил, что же действует между двумя цепями, по которым проходят, к примеру, импульсы в несколько сотен миллионов колебаний в секунду. Даже с такими незначительными частотами практически вся энергия должна представлять собой напряжение, и пришел к твердому убеждению, что вне зависимости от того к какому виду движения относится свет, он порождается огромным электростатическим напряжением, колеблющимся с необычайно высокой скоростью.

Среди всех этих явлений, наблюдаемых при использовании тока или электрических импульсов высокой частоты, наиболее увлекательными для аудитории являются те, в которые образуются в электростатическом поле, действующем на значительном расстоянии, и лучшее, что может сделать неопытный лектор — это начать и закончить демонстрацией этих необыкновенных эффектов. Я беру в руки трубку, двигаю ею, и она светится, куда бы я ее не поместил; во всем пространстве действуют невидимые силы. Но я могу сделать другую трубку, и она может не светиться, так как в ней находится очень сильный вакуум. Я возбуждаю ее при помощи катушки пробойного разряда, и теперь она светится в электростатическом поле. Я могу спрятать ее на несколько недель, или месяцев, и после этого она все еще сохранит способность к возбуждению. Какое изменение я вызвал в трубке, вызвав в ней возбуждение? Если атомам придается движение, то трудно понять, как оно может так долго сохраняться и не гаснуть из-за фрикционных потерь. Если в диэлектрике возникает натяжение, такое как при простом получении света, то легко увидеть, как он может неопределенно долго сохраняться, но очень трудно понять, почему это может вызывать возбуждение, когда мы имеем дело с быстро меняющимися потенциалами.

С тех пор, когда я впервые показал это явление, мне удалось получить еще несколько интересных эффекты. Например, мне удалось добиться высшей степени накала электрода, нити

накаливания или проволоки, находящихся в трубке. Чтобы достичь этого результата, необходимо было минимизировать потери энергии, поступающей из поля, большая часть которой направляется на маленькое тело для приведения его в состояние накала. В начале эта задача показалась трудной, но весь мой предыдущий опыт работы помог мне легко достичь желаемого результата. На Рис. 34 и Рис. 35 изображены две такие трубки, изготовленные специально для данного случая. На Рис. 34 короткая трубка T_1, припаянная к более длинной трубке T, снабжена ножкой s с запаянной в нее платиновой проволокой. К этой проволоке прикреплена очень тонкая нить накаливания f, а вывод наружу сделан из тонкой медной проволоки w. Трубка снаружи и изнутри имеет покрытия C и C_1 соответственно. Внутреннее пространство трубки до уровня каждого покрытия заполнено электропроводным порошком, а пространство над ними — неэлектропроводным. Эти покрытия используются только для того, чтобы можно было провести два эксперимента с трубкой, а именно: получить желаемый эффект при помощи либо прямого подключения тела экспериментатора или другого тела к проводу w, либо посредством индуктивного воздействия через стекло. Ножка s снабжена алюминиевой трубкой a, назначение которой было указано ранее, и только маленькая часть нити накаливания выходит из этой трубки. Если трубку T_1 поместить куда угодно в электростатическое поле, то нить накаляется.

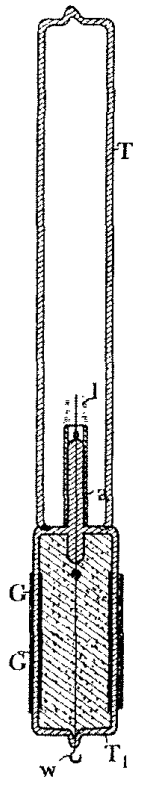


Fig. 34
Рис. 34.

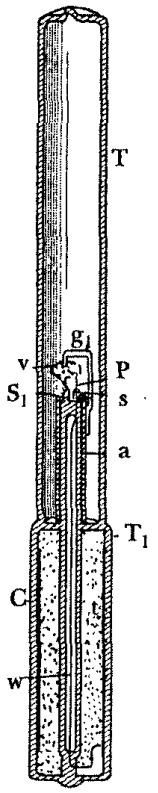


Fig. 35
Рис. 35.

Более интересная часть устройства показана на Рис. 35. Конструкция та же, что и раньше, только вместо нити лампы используется маленькая платиновая проволочка p, запаяная в ножку s и согнутая выше нее в кольцо, подсоединена к медному проводу w, который соединяется с внутренней обкладкой C. Маленькая ножка s_1 имеет иголку, на острие которой установлена очень легкая крыльчатка из слюды v, которая легко может вращаться. Чтобы крыльчатка не слетела, тонкая стеклянная ножка g изогнута соответствующим образом и прикреплена к алюминиевой трубке. Когда стеклянную трубку держат в электростатическом поле, платиновая проволочка накаляется, и слюдяная крыльчатка очень быстро крутится.

В лампе можно возбудить очень интенсивную флуоресценцию, просто соединив ее с находящейся в поле пластиной, площадь которой не требуется намного большей чем у обычного абажура. Фосфоресценция, возбуждаемая этими токами, несравнимо интенсивнее, чем от обычного аппарата. Маленькая фосфоресцентная лампа, если ее подключить к соединенному с катушкой проводу, испускает достаточно света, чтобы можно было прочесть обычный шрифт на расстоянии в пять-шесть шагов. Было интересно посмотреть, как будут вести себя при этих токах некоторые из фосфоресцентных ламп Профессора Крукса, и он любезно одолжил мне несколько по этому поводу. Получаемые эффекты впечатляют, особенно с сульфидом кальция и сульфидом цинка. С катушкой пробойного разряда они сильно светились, если их просто держать в руке, соединив тело с контактом катушки.

К каким бы результатам ни привели такого рода исследования, в настоящее время основной их интерес лежит в направлении открываемых ими возможностей для создания эффективного осветительного прибора. Ни в какой другой области электрической индустрии так не нужен прогресс, как в получении света. Каждый мыслящий человек, если он вдумается в то, насколько варварские методы используются [сейчас], насколько плачевны потери в лучших наших системах производства света, должен спросить себя: Каким же должен быть

свет в будущем? Будет ли он [получаться] от раскаленного твердого тела, как в нынешней лампе, или от раскаленного газа, или от фосфоресцентного тела, или от чего-нибудь наподобие горелки, но несравнимо более эффективной?

Шанс разработать газовую горелку крайне мал; и не потому, вероятно, что человеческий гений многие века корпел над этой проблемой без какого-либо радикального прогресса, — хотя этот аргумент также не лишен силы, — но потому, что в горелке более высокие вибрации никогда нельзя достичь, не пройдя через все более низкие. Потому что как получить пламя, кроме как через падение поднятых грузов? Подобный процесс не может идти без возобновления, а возобновление повторяется, проходя от низких вибраций к высоким. По-видимому, есть только один путь улучшить горелку, а именно, пытаясь достичь более высоких степеней накаливания. Более высокое накаливание эквивалентно более быстрой вибрации. Это означает больше света от того же [количества] вещества, а это в свою очередь означает более высокую экономию. В этом направлении уже сделаны некоторые усовершенствования, но дальнейшему развитию препятствуют множество ограничений. Таким образом, если не принимать в расчет пламя, то остаются три, ранее обозначенных пути, и все они ведут через электричество.

Представьте себе, что в ближайшем будущем свет будет получаться в результате накала твердого тела электричеством. Разве не лучше будет использовать маленький электрод, нежели непрочную нить накала? Несомненно, что исходя из множества соображений, использование электрода должно быть признано более экономичным, разумеется, при условии, что будут успешно преодолены сложности, связанные с работой таких ламп. Но для того, чтобы зажечь такую лампу, нам необходимо более высокое напряжение, а для экономичного использования таких ламп нам необходима более высокая частота тока.

Эти доводы даже в большей степени относятся к производству света при помощи накала газа, или фосфоресценции. Во всех случаях нам требуется более высокая частота и более высокое напряжение. Я пришел к этим умозаключениям давно.

Использование тока высокой частоты имеет множество преимуществ, например: высокая экономия энергии при производстве света, возможность работать с использованием только одного провода, возможность избавиться от необходимости использовать внутренний провод и т. д.

Но вопрос в том, как далеко мы можем идти по пути увеличения частоты? Обычные проводники при сильном повышении частоты теряют способность к передаче электрических импульсов. Предположим, что у нас есть самые совершенные средства производства импульсов. Тогда возникает вопрос: "А как мы будем передавать импульсы, когда возникнет необходимость?" При передаче таких импульсов через проводник, мы должны помнить, что нам придется иметь дело с *давлением* и с *потоком*, в обычном понимании этих терминов. Если увеличить давление до огромной величины, и соответственно снизить поток, тогда такие импульсы, несомненно, можно будет передавать по проводам, даже если их частота будет исчисляться многими сотнями колебаний в секунду. Разумеется, совершенно невозможно будет передавать такие импульсы через провод, погруженный в газовую среду, даже если этот провод покрыт толстым слоем самой лучшей изоляции, поскольку большая часть энергии будет теряться вследствие молекулярных бомбардировок и последующего нагревания. Конец провода, подключенный к источнику энергии, будет нагреваться, а от источника до дальнего конца провода дойдет лишь малая толика энергии. Таким образом получается, что для того, чтобы использовать такие электрические импульсы, в первую очередь нужно найти способ снизить до минимального уровня рассеивание энергии.

Первое, что приходит на ум — это использовать самый тонкий, из возможных, провод, покрытый самым толстым, из возможных, слоем изоляции. Вторая мысль — это использовать электростатические экраны. Изоляция провода может нести на себе электропроводное покрытие, подключенное к земле. Но это не годится, поскольку тогда вся энергия будет уходить через электропроводное покрытие в землю, и до дальнего конца провода ничего не

дойдет. Если уж устанавливать заземление, то тогда оно проходить через совершенно независимый провод, или через конденсатор очень малой емкости. Однако это не устраняет иные сложности.

Если длина импульсов будет намного меньше длины провода, тогда соответствующие короткие волны будут устанавливаться в электропроводном покрытии, а это почти то же самое, как если бы покрытие было подключено непосредственно к земле. Следовательно, необходимо нарезать покрытие на секции, длина которых намного меньше длины волны. При таком подключении хороший экран не установить, но плохой же в десять тысяч раз лучше, чем никакой. Я думаю, что было бы предпочтительней нарезать электропроводное покрытие на маленькие секции, даже если длина волны намного превосходит длину покрытия.

Если провод снабдить хорошим электростатическим экраном, это будет равносильно тому, как если бы от него на огромное расстояние удалили бы все предметы. Таким образом, можно снизить емкость до величины емкости собственно провода, которая очень мала. Тогда стало бы возможным передавать по проводу колебания тока очень высокой частоты на огромные расстояния без какого-либо существенного воздействия на сами колебания.

Разумеется, создать безупречный экран не представляется возможным, но я надеюсь, что экран, подобный тому, что я описал для телефонии, вполне можно применить в данном случае для экранирования трансатлантического кабеля. Если следовать моим предложениям, то провод с гуттаперчевым изолирующим покрытием следует оснастить третьим электропроводным покрытием, разделенным на секции. Поверх электропроводного покрытия следует нанести еще один слой гуттаперчевой и эфирной изоляции, а поверх нее уже защитный слой. Но такой кабель не будет создан, потому, что вскоре человеческие знания — передаваемые без проводов — будут отдаваться в земле, как сердечный пульс в живом организме. Любопытно то, что при нынешнем состоянии научных знаний и опыта, никто не попытался использовать электростатическое, или магнитное поле Земли для передачи знаний, или чего-нибудь еще.

Главная цель, которую я преследовал при демонстрации этих опытов, состояла в том, чтобы показать Вам новые явления и особенности, а также предложить некоторые идеи, которые, как я надеюсь, будут служить отправными точками для новых исследований. Ваши аплодисменты, которыми вы меня так часто и щедро награждали, говорят о том, что мое выступление было успешным.

В заключение позвольте мне поблагодарить Вас за любезность и внимание, и уверить Вас в том, что я никогда не забуду, что мне выпала великая честь выступать перед столь уважаемой аудиторией, о том с каким удовольствием я представлял результаты своего труда перед выдающимися людьми, среди которых находятся те, в чьих работах много лет назад я нашел вдохновение и непреходящее удовольствие.

О СВЕТЕ И ДРУГИХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЯВЛЕНИЯХ*

ВВЕДЕНИЕ — НЕКОТОРЫЕ МЫСЛИ О ГЛАЗАХ

Когда мы смотрим на мир вокруг нас, на Природу, мы восхищаемся ее красотой и величием. Каждая вещь, которую мы воспринимаем, даже если она бесконечно мала, олицетворяет собой отдельный мир. Любая вещь, как и вселенная — это материя и энергия, подвластные закону, это мир, созерцание которого наполняет нас ощущением чуда, и неизбежно побуждает к непрестанным размышлениям и исследованиям. Однако среди этого огромного мира, среди вещей, которые наши чувства открывают перед нами, самым великолепным, самым привлекательным для нашего воображения, несомненно, является высокоразвитый организм — мыслящее существо. Если есть что-нибудь, в полной мере способное заставить нас восхищаться искусством Природы, то именно это непостижимое создание, бесчисленными действиями отвечающее внешним влияниям. Человек всегда хотел понять, как он устроен, всегда стремился глубже проникнуть в тайны природной мастерской — это было вожделенной целью многих мыслителей. И вот после многих веков напряженных исследований человек пришел к достаточно ясному пониманию того, как функционируют его органы и чувства. А среди всей гармонии частей, формирующих материальную, или осязаемую составляющую нашего бытия, среди всех органов и чувств, самым удивительным является глаз. Это самый ценный, самый необходимый орган среди всех наших органов восприятия. Глаз — это огромные ворота, через которые знания поступают в наш мозг. Как ни один другой орган, он состоит в наиболее тесной связи с тем, что мы называем интеллектом. Глубина этих отношений настолько велика, что мы часто даже говорим, что в глазах отражается душа.

Теория функционирования глаза предлагает нам, и мы будем воспринимать это как факт, что при каждом внешнем воздействии, то есть при каждом проецировании изображения на сетчатку глаза, окончания глазных нервов, предназначенных для передачи этого воздействия мозгу, приходят в состояние особого рода возбуждения, или в состояние вибрации. Данное утверждение не кажется невероятным потому, что даже тогда, когда мы создаем некий образ в своем воображении, то срабатывает определенный рефлекс, пусть даже очень слабый, который воздействует на строго определенные окончания глазных нервов и, следовательно, на сетчатку глаза. Будут ли когда-нибудь в нашем распоряжении оптические, или иные средства, при помощи которых мы могли бы анализировать условия возникновения раздражения сетчатки глаза, возникающие под воздействием мысли или рефлекторного движения — вот вопрос, на который хотелось бы получить ответ? Если бы это стало возможным, тогда мы смогли бы читать мысли человека так же точно, как буквы в открытой книге, что позволило бы решить множество проблем, относящихся к области прикладной медицины, и на что искренне надеются если не многие, то большинство ученых. Гельмгольц показал, что глазное дно само по себе излучает свет, и смог увидеть в условиях полной темноты движение собственной руки в свете своих глаз. Это один из наиболее выдающихся экспериментов, отмеченных в истории науки. Возможно, что немногие смогли бы повторить его с удовлетворительным результатом, поскольку, вероятно, свечение глаза связано с необычной деятельностью мозга, и наличием большой силы воображения. Это, если можно так выразиться — свечение самого мозга.

---

* Лекция прочитана в Институте Франклина, Филадельфия, февраль 1893, и в Национальной Ассоциации Электрического Света, Сент-Луис, март 1893.

Другой факт, имеющий непосредственное отношение к данной теме, который вероятно, уже отмечался многими с тех пор, как приобрел популярное выражение, но который я не могу воссоздать в памяти в хронологическом порядке и представить как результат наблюдений — это то, что в момент, когда неожиданная идея, или образ возникают в мозгу, то в глазах появляется определенное и иногда болезненное ощущение блеска, которое можно наблюдать в условиях сумерек.

Слова, что душа отражается в глазах, имеет глубокий смысл, и мы чувствуем, что в нем выражена великая истина. Это имеет глубокий смысл даже для людей, которые подобно поэтам и художникам руководствуются исключительно своим врожденным инстинктом, или любовью к Природе, находят наслаждение в бесцельных размышлениях и в простом созерцании природных явлений. Однако еще больше это значит для тех, кто в духе позитивного научного исследования старается познать первопричины явлений. В основном это естествоиспытатели, физики, для которых глаз является предметом наибольшего восхищения.

Я позволю себе привести два факта, имеющих непосредственное отношение к глазу, дабы напомнить физикам, которые считают, или утверждают, что глаз — это всего лишь несовершенный оптический инструмент, забывая при этом, что почти все свои представления о совершенном, или о том, что им кажется таковым, они получили благодаря именно этому инструменту. Первое: насколько современное состояние научных знаний позволяет судить, глаз — это единственный орган, который подвергается непосредственному воздействию едва уловимой среды, которая, как нас учит наука, должна заполнять все пространство. Второе: глаз — это наиболее чувствительный из всех наших органов, он несоизмеримо более чувствителен к внешнему воздействию, нежели другие.

Орган слуха воспринимает воздействие тел, имеющих массу; орган обоняния — воздействие переносимых частичек материи; органы вкуса и осязания — непосредственный контакт, или как минимум вмешательство веществ, имеющих массу. Все это в равной мере относится даже к тем живым организмам, у которых эти органы развиты до высшей степени совершенства. Но удивительно то, что только орган зрения способен возбуждаться от того, что другие органы не способны распознать. Помимо того, что этот орган играет значительную роль во всех проявлениях природных явлений, он передает энергию, поддерживает любое движение и, что сложнее всего, жизнь, и при этом обладает такими свойствами, что даже многоопытный ум ученого не может помочь сформулировать различие между ним и тем, что называется материей. Даже если принять во внимание только это, и тот факт, что глаз, благодаря своей удивительной мощи, раздвигает узкие границы нашего восприятия далеко за пределы нашего маленького мира, и позволяет объять мириады других миров, солнц и звезд в бесконечных просторах вселенной, то этого достаточно для осознания, что это орган высшего порядка, однако, как он работает — для нас пока еще остается загадкой. Насколько нам известно, Природа никогда не производила что-либо более удивительное. Анализируя и сравнивая то, что он делает, мы можем составить только слабое представление о его необыкновенных возможностях. Когда волны воздействуют на человеческое тело, они вызывают тепло или холод, приятное ощущение или боль, или, возможно, другие ощущения, о которых мы еще не знаем. Ощущения бывают разной силы, а поскольку уровней интенсивности ощущений существует великое множество, то и количество различных ощущений уходит своим числом в бесконечность. Мы не можем дифференцировать наше чувство осязания, или чувство силы по величине, или по интенсивности, за исключением тех случаев, когда они очень велики. Сейчас мы уже можем представить себе, как живой организм, такой как человеческий, в процессе эволюции, или, говоря более философским языком, в процессе адаптации к природе, вынужденный использовать, к примеру, только чувства осязания или силы, смог бы развить эти чувства до такой степени чувствительности или совершенства, что был бы способен даже на некотором расстоянии определять мельчайшие изменения в температуре тела — сотую, тысячную и даже миллионную часть градуса. Но даже это совершенно невероятное качество, не входит ни в какое сравнение с возможностями глаза, способного различать и мгновенно передавать мозгу бесчисленные отличительные свойства тела, будь то форма, цвет, или любое другое.

Эта способность глаза зиждется на двух вещах: прямолинейность распространения возбудителя, благодаря которому и происходит возбуждение, а также чувствительность. Сказать, что глаз чувствительный, значит не сказать ничего. По сравнению с ним все остальные органы чудовищно грубы. Разумеется, орган обоняния, который ведет собаку по следу оленя, орган осязания, или силы, который управляет насекомым в его блужданиях по свету, орган слуха, который реагирует на самые незначительные колебания воздуха — все они чувствительные органы, но что они могут по сравнению с человеческим глазом? Не вызывает сомнения факт, что, глаз реагирует на самое слабое эхо, или реверберацию среды, а также несомненно то, что он несет нам вести из внешних, бесконечно далеких миров на языке, который мы до сих пор не можем понять. Но почему? Потому, что мы живем в среде, наполненной воздухом и другими газами, парами и веществами с плотными массами, твердыми частичками, летающими вокруг нас. Их роль исключительно велика: они тратят по пустякам энергию вибрации еще до того, как она может достигнуть глаза, являются переносчиками разрушительных бактерий, попадают в наши легкие и другие органы, засоряют каналы и незаметно, но неуклонно делают все, чтобы сократить нам жизнь. Если бы мы смогли убрать с линии обзора телескопа вещества, обладающие массой, то это открыло бы перед нами немыслимые чудеса. Я думаю, что даже невооруженный глаз в чистой среде смог бы различать небольшие объекты на расстоянии, измеряемом сотнями, а возможно и тысячами миль.

Однако есть кое-что, еще более впечатляющее, нежели эти удивительные свойства глаза, рассмотренного исключительно как оптический инструмент и с точки зрения физика; то, что впечатляет нас больше, чем его удивительная способность реагировать на вибрацию среды без участия плотных веществ, и больше, чем его невероятная чувствительность и способность к распознаванию объектов — это его значимость для поддержания жизни. Вне зависимости от того, как относится человек к природе, или к жизни, он будет изумлен, когда впервые осознает, насколько важна роль глаза для физической и умственной деятельности человеческого организма. А разве может быть иначе, если человек поймет, что глаз — это средство, благодаря которому род человеческий получил те знания, которыми обладает сейчас, что именно он контролирует все наши движения и, более того, наши действия.

Нет иного пути получения знаний, кроме как при помощи глаза. Что составляет основу всех древних и современных философских систем, фактически всей философии человечества? Я существую, я мыслю; я мыслю, значит я существую. Но как я могу думать и как я могу знать, что я существую, если у меня нет глаз? Для знания необходимо понимание, для понимания — идеи, концепции, для концепций — образы или изображения, для изображений — чувство зрения, и следовательно — орган зрения. "А как же слепые люди?", — Вы спросите. Да, слепые люди могут отображать в великолепных поэмах формы и сцены из реальной жизни, из мира, который они не видят физически. Слепые люди могут пользоваться инструментами с безошибочной точностью, могут моделировать самые быстроходные суда, могут делать открытия и изобретать, считать и конструировать, могут делать еще более удивительные вещи, но все слепые люди, которые могли делать такое, до того как стать слепыми, были зрячими. Природа может добиться того, или иного результата различными путями. Подобно волне в физическом мире, в безбрежном океане среды, распространенной повсюду, так и в мире живых организмов, то есть в жизни, возникший импульс начинает свое поступательное движение вперед. Иногда он летит со скоростью света, а иногда движется так медленно, что кажется как будто он замер на многие столетия, проходя через процессы такой сложности, которые недоступны пониманию человеческого разума. Однако во всех формах и на всех стадиях его энергия непременно присутствует как неотъемлемая часть всех процессов. Единственный луч света обрушивается на человеческий глаз как тиран во времена далекого прошлого, который мог изменить всю жизнь человека, изменить судьбу целых наций, изменить ландшафт на планете — настолько замысловаты и сложны процессы, происходящие в Природе. Мы не можем объяснить столь ошеломляющую гипотезу величия Природы кроме как законом сохранения энергии, которому подчиняется все и во всем бесконечном пространстве. Согласно этому закону, силы находятся в постоянном равновесии, и, следовательно, энергия единственной мысли может вызвать движение Вселенной.

Совершенно необязательно, чтобы каждый индивидуум во всех, или во многих поколениях, физически обладал бы инструментом зрения для того, чтобы он мог формировать образы и думать, то есть формировать идеи и концепции. Но время от времени в процессе эволюции у него непременно должен появляться глаз. Иначе, как нам представляется, невозможно было бы появление других мыслей, как и других концепций, таких как: дух, интеллект, разум — называйте их как хотите. Вполне возможно, что в каких-то других мирах есть живые существа, у которых функции глаза выполнят другой орган с такими же или более совершенными свойствами, но эти существа не могут быть людьми.

Что сейчас побуждает всех нас к совершение каких-либо сознательных действий, или движений? Если я осознаю свое действие, то у меня должна быть идея, или концепция, то есть образ, и как следствие — глаз. Если я не вполне осознаю свое действие, то это происходит потому, что образы неясны, или неопределенны — затуманены вследствие наложения многих образов. Но когда я совершаю то, или иное действие, импульс, побуждающий меня к этому, поступает изнутри меня, или извне? Величайшие физики не считали ниже своего достоинства постараться дать ответ на этот и на подобные вопросы, и время от времени не отказывали себе в удовольствии пускаться в отвлеченные и пространные рассуждения. Возможно, что г-н Гельмгольц больше других ученых размышлял о жизни. Лорд Кельвин выразил уверенность, что жизненный процесс имеет электрическую природу, а любой живой организм обладает некой силой, которая и определяет его движения. По моему твердому убеждению, насколько я могу быть убежден в истинности любого физического явления, побуждающий импульс должен поступать извне. Представьте себе простейший из известных нам организмов, состоящий всего лишь из нескольких клеток, а возможно имеются в Природе еще более простые организмы. Если бы такой организм был способен на осмысленные действия, то он мог бы совершать бесчисленное множество совершенно определенных и точных действий. Но в данном случае механизм, состоящий из небольшого количества компонентов, не может совершать бесчисленное множество определенных действий. Следовательно импульсы, которые управляют его движениями, должны поступать из окружающей среды. Таким же образом атом, следующий элемент структуры Вселенной, постоянно мечется в пространстве под воздействием внешних сил, как лодка в бушующем море. Если бы он остановил свое движение, то он бы умер. Тело, находящееся в состоянии покоя, если такое вообще существует — мертвое вещество тело. Смерть тела! Никогда еще не произносилась фраза, имеющая более глубокий философский смысл. Именно таким образом сформулировал это профессор Дюар в описании своих экспериментов, где он проводил операции с жидким кислородом как с водой, а воздух при обычном давлении посредством замораживания конденсировал и даже приводил в твердое состояние. Эксперименты, которые, как он сам выразился, были призваны продемонстрировать последний трепет жизни перед смертью. В рамках бесконечной вселенной не бывает смерти тела — все вынуждено двигаться, вибрировать, а значит жить.

Я позволил себе предшествующие высказывания, рискуя ступить на почву метафизики потому, что хотел представить предмет данной лекции в форме, которая сделала бы ее небезынтересной для всех, смею надеяться, что и для аудитории, перед которой я имею честь выступать. А сейчас, возвращаясь к предмету лекции: к этому божественному органу зрения, к незаменимому инструменту размышления и интеллектуального наслаждения, который служит еще и для того, чтобы открывать перед нами чудеса этого мира. Именно ему мы обязаны знаниями, которыми обладаем. Он побуждает нас к физической и умственной деятельности и одновременно контролирует ее. Но что на него воздействует? Свет! А что такое свет?

Мы с вами были свидетелями больших успехов во всех областях научной деятельности, достигнутых за последние годы. Эти достижения оказались настолько выдающимися, что мы не можем удержаться от вопроса: а правда ли все это, или это сон? Много веков назад люди жили, думали, исследовали, изобретали и верили, что стремительно взмывают ввысь, тогда как они всего лишь продолжали ползти со скоростью улитки. Так и мы можем заблуждаться. Но воспринимая эти достижения как потенциальные научные факты мы должны радоваться достигнутому колоссальному прогрессу, и, судя по возможностям, открывающимся перед

современной наукой, еще больше тому, что будет.

Мы с вами были свидетелями достижения, которое, несомненно, доставит большое удовольствие всем любителям прогресса. Это не открытие, не изобретение и не достижение в какой-либо определенной области. Это огромный шаг вперед во всех областях научной деятельности одновременно, как теоретических, так и экспериментальных. Я имею в виду обобщение природных сил и явлений, которое уже наметило контуры определенной идеи, вырисовывающейся на научном горизонте. Это именно та идея, которая с незапамятных времен занимает самые прогрессивные умы, и к которой я намерен привлечь Ваше внимание. Ее я собираюсь продемонстрировать в самом общем виде в своих экспериментах, как первый шаг на пути к ответу на вопрос: "Что такое свет?" и представить его в современном значении этого слова.

Подробно останавливаться на феномене света не входит в планы моей лекции. Моей целью является обратить Ваше внимание на определенные классы световых эффектов, на некоторые явления, обнаруженные при изучении этих эффектов. Однако, чтобы быть последовательным в своих замечаниях, необходимо отметить, что в соответствии с концепцией, к настоящему времени оцененной большинством ученых как положительный результат теоретических и экспериментальных исследований, различные формы проявления энергии, которые в целом попадают под определение "электрическая энергия", или, более точно "электромагнитная энергия", представляют собой проявления энергии, имеющие ту же природу, что и инфракрасное излучение, а также свет. Следовательно, световые, тепловые и другие явления, можно назвать электрическими. Таким образом, наука об электричестве становится базовой для остальных наук, а исследования в этой области имеют важность для всех. День, когда мы точно узнаем, что такое есть "электричество" будет историческим, а значение его, возможно, будет превосходить все другие события, отмеченные в истории человечества. Это время наступит тогда, когда комфорт, жизнедеятельность, а может быть, даже само существование человеческой цивилизации будут зависеть от этого поразительного фактора. Для поддержания жизнедеятельности и комфорта нам необходимы тепло, свет и механическая энергия. Как мы сейчас все это получаем? Мы получаем их из топлива, и путем потребления различного сырья. Что будут делать люди, когда исчезнут леса, когда истощаться угольные запасы? Исходя из современных научных знаний, человечеству останется только один выход — передавать энергию на большие расстояния. Люди пойдут к водопадам, к приливным и отливным волнам, которые содержат в себе мизерную часть безмерной природной энергии. Там они будут укрощать энергию и передавать ее в населенные пункты для обогрева домов, освещения, и для того, чтобы заставлять работать своих послушных рабов — машины. Но как они будут передавать эту энергию, если не посредством электричества? Посудите сами, будут ли комфорт, и даже само существование человека зависеть от электричества, или нет? Я вполне отдаю себе отчет в том, что этот взгляд не является точкой зрения практического инженера, но он также не является точкой зрения фантазера, поскольку несомненно, что передача энергии, которая на сегодняшний день является не более чем побудительным мотивом к смелым действиям, в один из дней превратится в жесткую необходимость.

Данная лекция имеет еще более важное значение для студентов, изучающих свет как явление, поскольку предоставляет возможность всесторонне ознакомиться с определенными современными точками зрения, отличающимися от тех, которые он почерпнет из множества книг, посвященных данной теме. Поэтому, я постараюсь приложить все усилия, чтобы в серии экспериментов донести эти взгляды до умов жаждущих знаний студентов, пусть даже для небольшого их числа.

Для этих целей было бы достаточно продемонстрировать простой и хорошо известный эксперимент. Я мог бы взять известное устройство, Лейденскую банку, зарядить ее при помощи электростатической машины трения, а затем разрядить. Далее, объясняя ее состояние при зарядке, условия передачи энергии при разрядке, заостряя внимание на силы, которые принимают участие в процессах, и на различные явления, которые они создают, а также подчеркивая взаимоотношения сил и явлений, я вполне мог бы добиться наглядного

представления этой современной концепции.

Но это должна быть экспериментальная демонстрация, которая помимо содержательных включала бы в себя и занимательные моменты, благодаря которым, как, например, в вышеупомянутом случае, лектор добивается поставленной цели. Поэтому я вынужден прибегнуть к иному способу представления, несомненно, более эффектному, но при этом, пожалуй, более информативному. Вместо электростатической машины трения и лейденской банки я воспользуюсь в своих экспериментах индукционной катушкой с определенными характеристиками, которую я подробно описал в лекции перед Лондонским Институтом Инженеров Электротехников в 1892 году. Эта индукционная катушка способна вырабатывать разность потенциалов огромной величины, которые изменяются с исключительно быстрой частотой. При помощи этого аппарата я намереваюсь показать три совершенно определенных класса эффектов, или явлений, и мне хотелось бы, чтобы каждый эксперимент помимо демонстрации уже известных явлений, в то же время научил бы нас чему-нибудь новому, или преподнес бы какие-нибудь новые аспекты этой интереснейшей науки. Но до этого мне

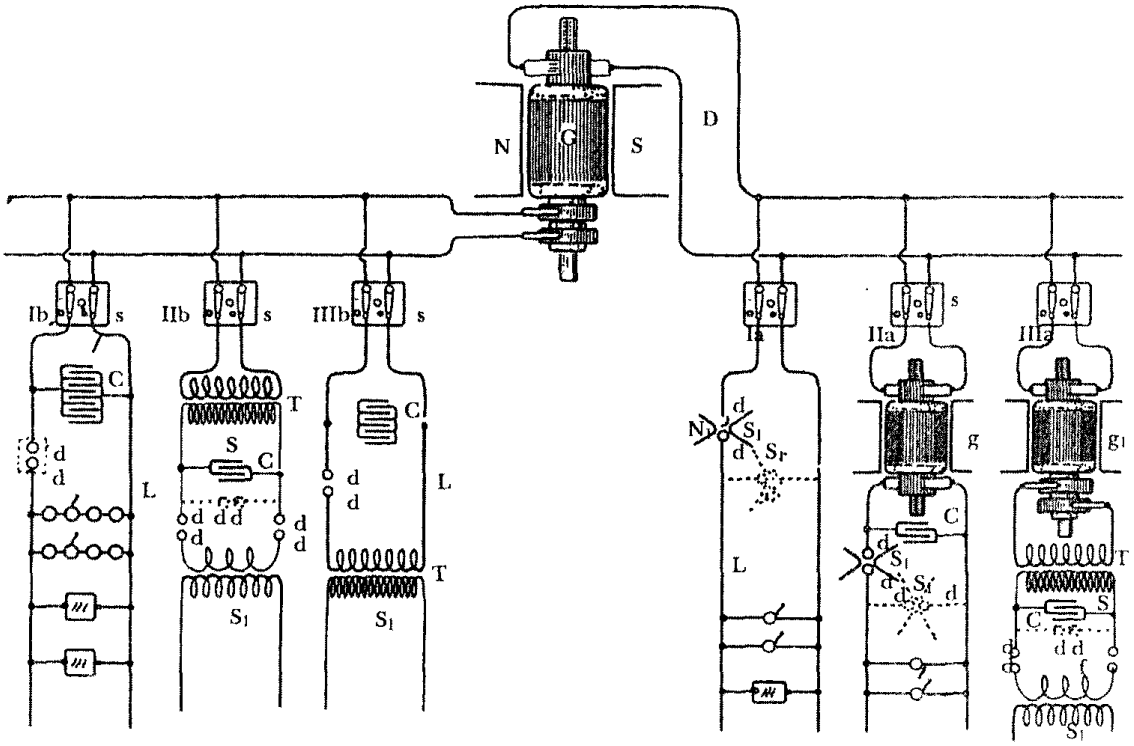


Рис. 1.

представляется правильным и полезным остановиться на описании устройства аппарата и на методе получения токов с высокой разностью потенциалов и высокой частоты, которые применяются в данных экспериментах.

ОБ УСТРОЙСТВАХ И МЕТОДАХ КОНВЕРСИИ

Ток высокой частоты получается довольно своеобразным образом. Использованный метод я продемонстрировал двумя годами раньше на экспериментальной лекции перед слушателями Американского Института Инженеров-Электротехников. В лабораторных условиях использовались несколько методов для получения такого тока из постоянного, либо из переменного тока низкой частоты. На Рис. 1. представлена данная схема, которую я опишу позже более детально. В целом, план состоял в том, чтобы зарядить конденсаторы от источника прямого или переменного тока (предпочтительно высоковольтного), разрядить их посредством пробивного разряда и пронаблюдать за хорошо известными условиями, необходимыми для поддержания колебаний тока.

С точки зрения общего интереса, проявляемого к высокочастотному току и эффектам,

производимых им, мне кажется целесообразным подробно остановиться на этих методах преобразования тока. Для того чтобы представить Вам четкую идею этого действия, предположим, что задействован подходящий генератор постоянного тока. Это означает, что генератор может выдавать ток с таким высоким напряжением, чтобы обеспечивать пробой небольшой прослойки воздуха. Если же этого не происходит, то прибегают к вспомогательным средствам, некоторые из которых будут представлены позднее. Когда заряд конденсаторов достигает определенной величины, происходит пробой воздушной прослойки, или изолирующего пространства. Затем возникает скачок тока и расходуется большая часть накопленной электрической энергии. Вслед за этим конденсаторы быстро заряжаются, и этот процесс повторяется в более или менее быстрой последовательности. Чтобы произошел такой скачок тока, должны соблюдаться некоторые условия. Понятно, что если скорость, с которой конденсаторы разряжаются, равна той, с которой они заряжаются, то конденсатор работать не будет. Если скорость, с которой конденсатор разряжается, меньше чем та, с которой он заряжается, то мощность конденсатора будет несущественна. Но если, наоборот, скорость разрядки конденсатора будет больше скорости его зарядки, будет получаться скачок тока. Очевидно, что если скорость, с которой энергия растрачивается при разряде конденсатора, намного превосходит ту, с которой она восполняется конденсатором, то скачки тока будут сравнительно небольшими, и будут происходить через значительные промежутки времени. Так происходит всегда, когда конденсатор значительной мощности заряжается от сравнительно небольшой машины. Если скорость подачи и скорость расходования тока не сильно отличаются друг от друга, а скачки тока будут быстро следовать один за другим, то эти скорости будут все более и более уравниваться до пределов, характерных для каждого определенного случая и зависящего от числа произошедших скачков тока. Таким образом, мы может получить от генератора постоянного тока такую быструю последовательность разрядов, какую пожелаем. Конечно, чем выше напряжение генератора, тем меньшей емкости конденсаторы можно использовать. Поэтому, предпочтительно использовать генератор с очень большим напряжением. Кроме того, такой генератор позволяет большую частоту колебаний.

При соблюдении вышеописанных условий, скачки тока могут иметь одно направление, но в большинстве случаев возникает колебание, которое накладывается на основные колебания тока. Когда созданы такие условия, при которых не возникает осцилляций, то импульсы тока получаются однонаправленными, что обеспечивает преобразование данного тока высокого напряжения в постоянный ток низкого напряжения. Я думаю, это может найти себе применение на практике.

Этот метод преобразования тока чрезвычайно интересен, и я был поражен его красотой, когда он впервые получился. В определенных отношениях метод идеален. Для него не требуется никаких механических устройств, он позволяет получать ток любой частоты из обычного тока, постоянного или переменного. Частота основных разрядов зависит от относительной скорости подачи тока и его расходования, и может легко варьироваться в широком диапазоне простой регулировкой этих параметров. Частота наложенных колебаний регулируется изменением емкости конденсаторов, величиной самоиндукции и сопротивлением цепи. И вновь напряжение тока можно поднимать до величин, которые могут выдержать изоляционные материалы, комбинируя величины емкости и самоиндукции, либо индукцией во вторичной обмотке, которая должна состоять всего из нескольких витков проволоки.

Поскольку часто возникают условия, при которых прерывания, или колебания не могут устанавливаться самостоятельно, особенно при использовании источника постоянного тока, это дает возможность подключить к схеме прерыватель, оснащенный электрической дугой, и использовать его, как я показывал уже несколько лет назад, в качестве вентилятора, магнита, или иного устройства.

Магнит существенно облегчает преобразование постоянного тока и делает это очень эффективно. Как я уже отмечал ранее, в ситуации, когда в качестве источника электрической энергии используется генератор переменного тока, желательно, чтобы частота тока была

низкой, а сила тока, образующего дугу, высокой. При этом магнит будет работать более эффективно.

Внешний вид такого разрядника с магнитом, который был признан удобным, и после нескольких испытаний был принят для преобразования постоянного тока, изображен на Рис. 2. На этом рисунке, N и S являются полюсами очень прочного магнита, который возбуждается катушкой c. Для удобства регулировки им придали заостренную форму, а винтами $s\ s_1$ могут быть закреплены в любом положении. Разрядные стержни $d\ d_1$, утонченные на концах для того, чтобы обеспечивать более точное сближение полюсов магнита, вставляются в латунные опоры $b\ b_1$ и закрепляются в выбранном положении винтами $s_2 s_2$. Пружины $r\ r_1$ и втулки $c\ c_1$ могут скользить по стержням. Они служат для установки стержней на определенном расстоянии посредством винтов $s_3 s_3$, а также для регулировки положения полюсов

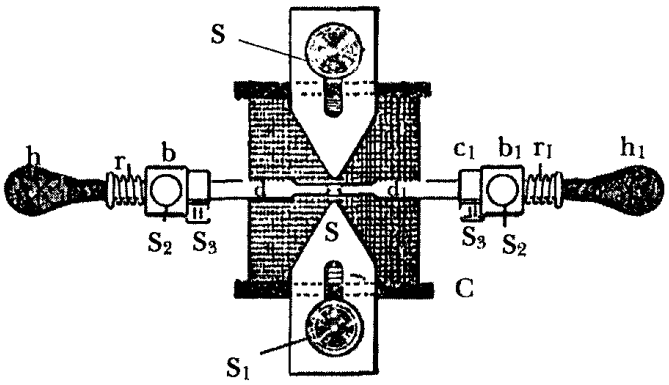


Рис. 2.

относительно друг друга. Для того, чтобы создать электрическую дугу, одну из больших резиновых ручек $h\ h_1$ быстро толкают рукой, в результате чего концы стержней контактируют друг с другом, но затем немедленно возвращаются в исходное положение пружинами $r\ r_1$. Такой механизм часто просто необходим, а именно в случаях, когда ЭДС недостаточно велика для передачи разряда через зазор, а также когда желательно избегать короткого замыкания генератора в результате соприкосновения металлических контактов стержней. Скорость прерываний тока с помощью магнита зависит от интенсивности магнитного поля и от разности потенциалов на концах дуги. Прерывания обычно производятся с такой частотой, чтобы получился музыкальный звук. Несколько лет назад было замечено, что когда мощная индукционная катушка разряжается между полюсами сильного магнита, процесс сопровождается громким звуком, похожим на звук от выстрела небольшого пистолета. Оставалось неясным, почему сила искр увеличивалась при появлении магнитного поля. Теперь понятно, что ток разрядки, протекающий в течение некоторого времени, многократно прерывается магнитом, тем самым вызывая звук. Феномен особенно заметен, когда поле тока большого магнита или динамо-машины сталкивается с сильным магнитным полем.

Когда ток, протекающий через изолирующий зазор достаточно велик, он позволяет скользить по концам разрядных стержней кусочкам очень прочного углерода и дает возможность играть электрической дуге между этими кусочками углерода. Это сохраняет металлические стержни, а кроме того позволяет воздушной прослойке оставаться нагретой, так как углерод плохо проводит тепло. В результате для поддержания последовательности разрядов требуется меньшая ЭДС в пространстве дуги.

Другой тип разрядного устройства, который может быть применен в некоторых случаях, показан на Рис. 3. В данном случае стержни $d\ d_1$ проходят через отверстия деревянной коробки B, которая изнутри густо покрыта слюдой, что обозначено жирной линией. Отверстия снабжены слюдяными трубками $m\ m_1$ определенной толщины, которые не должны находиться в контакте со стержнями $d\ d_1$. Коробка снабжена крышкой c немного большего размера, боковые стенки которой наклонены к внешним сторонам ящика. Место, где возникают искры,

нагревается маленькой лампой *l*, находящейся в ящике.

Пластина "p", расположенная выше лампы позволяет тяге воздуха проходить только через воздуховод *e*. Воздух, поступающий через отверстия *o o1*, или через нижнюю стенку коробки следует путем, показанным стрелками. Когда разрядник приведен в действие, дверца коробки закрыта так, что свет дуги не виден снаружи. Желательно, насколько это возможно, сделать свет невидимым снаружи, так как он создает помехи в некоторых экспериментах. Этот тип разрядника прост и очень эффективен при умелом с ним обращении. Воздух нагревается до определенной температуры, его изолирующие свойства ухудшаются и он становится слабым диэлектриком. Вследствие этого, электрическая дуга может возникать на значительно большем расстоянии. Конечно, дуга должна быть достаточно изолирована, чтобы разряд, проходящий через изолирующее пространство, был именно пробивной разряд. Образующаяся в таких условиях дуга может оказаться очень чувствительной и слабого тока воздуха через воздуховод лампы *c* может оказаться достаточно для получения быстрых прерываний. Корректирование результатов достигается путем изменения температуры и скорости протекающего воздуха. Достичь обеспечения тяги теплого воздуха можно и другими способами, без использования лампы. Очень простым способом, часто применяемым на практике, является заключение дуги в длинную вертикальную трубку с пластинками сверху и снизу для регулирования температуры и скорости воздушного потока. Необходимо также предпринять некоторые меры для приглушения звука.

Разрежение также сильно влияет на ослабление диэлектрических свойств воздуха. Разрядники подобного типа я использовал в сочетании с магнитом. Для этих целей бралась большая трубка с тяжелыми электродами из углерода или металла, между которыми происходил разряд. Трубка помещалась в сильное магнитное поле. Когда разрежение, возникающее в трубке достигало определенной точки, то разряд происходил легко, но давление воздуха при этом должно было быть больше обычных 75 мм. рт. ст. В другом типе разрядника,

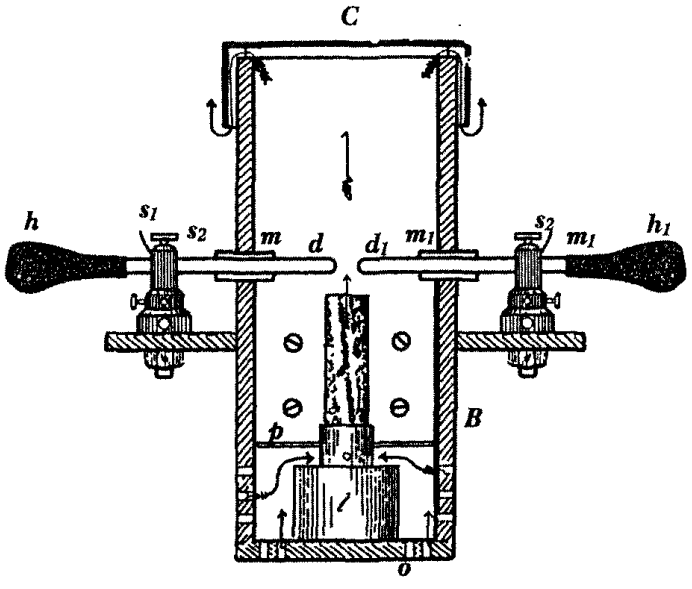


Рис. 3.

обладающего всеми вышеупомянутыми свойствами, разряд получается при прохождении между двумя регулируемыми магнитными полюсами. При этом температура пространства между ними сохраняется повышенной.

Здесь следует заметить, что когда используется такое или любое другое прерывающее устройство и ток проходит через первичную обмотку пробивной разрядной катушки, то как правило, не целесообразно получать число прерываний тока в секунду больше чем естественная частота колебаний динамо-машины, поставляющей ток, и который обычно невелик.

Следует также заметить, что несмотря на то, что устройства, упоминаемые в связи с пробивным разрядом, удобны для использования при определенных условиях, тем не менее, иногда они могут вызывать определенные сложные, поскольку вызывают перебои колебаний, а также другие нарушения, которые следует устранять.

К сожалению в этом красивом методе преобразования тока есть недостаток, который к счастью, не является жизненно важным, и который постепенно устраняется. На мой взгляд, лучшей формой привлечения внимания к этому недостатку и описания плодотворного способа борьбы с ним, будет сравнение электрического процесса с его механическим аналогом. Описать этот процесс можно следующим образом. Представим себе резервуар с широко раскрывающимся дном, которое закрыто благодаря давящей пружине. Но оно внезапно и резко раскрывается, как только жидкость в резервуаре достигает определенной высоты. Дадим жидкости попасть с определенной скоростью в резервуар через подающую трубу. Когда жидкость достигнет критической высоты, пружина поддается и дно резервуара открывается. Жидкость немедленно проваливается в широкое отверстие, а пружина вновь закрывает дно. Резервуар вновь заполняется и через определенный интервал времени процесс повторяется. Понятно, что если через трубу жидкость поступает быстрее, чем способно вытечь через дно, оно будет закрыто, и резервуар будет оставаться переполненным. Если скорости подачи и вытекания равны, дно будет оставаться частично открытым. Никаких колебаний столба жидкости при этом не произойдет, хотя это и возможно, если предпринять некоторые меры. Но если входная труба подает жидкость недостаточно быстро, будут наблюдаться колебания. В этом случае всякий раз, когда крышка открывается или закрывается, пружина и столб жидкости, при достаточной гибкости пружины и инертности движущихся частей, будут вызывать независимые колебания. В этой аналогии жидкость можно уподобить электричеству или электрической энергии, резервуар — конденсатору, пружину — диэлектрику, а трубу — проводу, через который электричество поступает в конденсатор. Чтобы сделать эту аналогию совершенно полной, следует предположить, что дно при каждом его открывании, очень сильно ударяется об неэластичную преграду. Этот удар сопровождается потерей некоторого количества энергии, а кроме того происходит некоторое рассеивание энергии из-за фрикционных потерь. По предыдущей аналогии предполагается, что жидкость находится под постоянным давлением. Если предположить, что наличие жидкости в резервуаре ритмически изменяется, можно провести аналогию с переменным током. Процессы не могут считаться совершенно идентичными, но в принципе действие одинаково.

Для того чтобы сделать вибрацию экономичной, желательно, насколько это возможно, снизить ударные и фрикционные потери. Что касается последних, которым в электрической аналогии соответствуют потери из-за сопротивления цепей, то избежать их полностью невозможно, но их можно свести к минимуму соответствующим выбором размеров цепей и применением тонких проводников в форме крученых жил. Но потери энергии, вызываемые первым пробоем диэлектрика и которые в приведенном выше примере соответствуют сильному удару дна об неэластичную преграду, необходимо избегать. В момент пробоя воздушный зазор имеет очень высокое сопротивление, которое можно снизить до очень маленькой величины следующим образом: по мере увеличения силы тока, увеличивать температуру воздуха. Потери энергии должны значительно уменьшиться, если поддерживать температуру воздушного зазора очень высокой, но в таком случае не будет происходить пробивного разряда. Умеренно нагревая пространство лампой или иным способом, мы существенно увеличим экономичность, связанную с образованием дуги. Использование магнита, или другого прерывающего устройства не снизит потерь энергии в дуге. Подобно тому, как струя воздуха только облегчает выход энергии. Воздух или газ вообще, в этом отношении ведет себя странно. Когда два тела заряжаются до очень высоких значений разности потенциалов, затем происходит пробивной разряд через воздушный зазор, то в этот момент по воздуху может распространяться любое количество энергии. Очевидно, далее эта энергия гасится материальными частицами в результате столкновений и взаимного влияния молекул друг на друга. Обмен молекулами в пространстве происходит с невообразимой скоростью.

Когда происходит мощный разряд между электродами, они могут оставаться совершенно холодными, а потери энергии в воздухе могут достигать любых размеров. Вполне реально при большой разности потенциалов рассеять в пространство некоторую мощность через разрядную дугу так, что температура электродов не повысится. Практически все фрикционные потери энергии происходят в воздухе. Если не допускать обмен молекул в воздушной среде, например, поместить газ в герметически закрытый сосуд, то можно быстро довести газ внутри сосуда до высокой температуры даже при очень маленьком разряде. Трудно оценить, насколько много энергии теряется в звуковых волнах, как слышимых, так и неслышимых, при возникновении сильного разряда. Когда ток, проходящий через пространство между электродами велик, они могут быстро нагреться, но это не позволяет надлежащим образом измерить потери энергии в дуге, поскольку потери энергии, проходящей через зазор, могут быть сравнительно малы. Несомненно, что воздух или газ вообще, по крайней мере, при обычном давлении не являются лучшей средой, в которой может происходить пробойный разряд. Атмосферный воздух и другие газы, находясь под высоким давлением, больше подходят в качестве среды для зазора. Я провел длительные эксперименты в этом направлении. К сожалению, они тяжело осуществимы из-за трудностей и больших затрат, связанных с получением сжатого воздуха. Но даже если средой, в которой происходит разряд, являются жидкость или твердое тело, некоторые потери имеют место, хотя они и меньше чем в воздухе. На самом деле, неизвестно тело, которое бы не разрушались в дуге. Среди ученых остается открытым вопрос, может ли вообще дуговой разряд происходить в воздухе без отрыва частиц электродов. Я полагаю, что когда ток очень мал, а дуга велика, то относительно большое количество тепла расходуется при разрушении электродов, которые отчасти из-за этого могут оставаться совершенно холодными.

Идеальная среда для разрядного промежутка должна только трескается, а идеальный материал для электродов не должен разрушаться. При маленьком токе, протекающем через разрядный промежуток, наилучшим материалом для электродов является алюминий, но он не годится для большой силы тока. Пробивной разряд в воздухе, или более или менее обычных условиях не представляет собой нечто напоминающее растрескивание. Правильнее было бы сравнить его с прохождение бесчисленного количества пуль через массу, обладающую большой фрикционной устойчивость этому воздействию, что сопровождается значительной потерей энергии. Среда, которая должна только трескаться при электростатическом напряжении, а это возможно в случае абсолютного вакуума, такая как чистый эфир, должна вызывать очень небольшие потери в разрядном пространстве, настолько маленькие, что ими можно пренебречь. Поэтому, по крайней мере, теоретически, растрескивание может произойти в результате очень малого смещения. В продолговатой вакуумной лампе, снабженной двумя алюминиевыми клеммами, действуя с большой осторожностью, я преуспел в получении такого вакуума, что вторичный разряд пробивной разрядной катушки проходил через лампу в виде тонких потоков искр. Любопытно, что разряд полностью игнорировал клеммы и начинался на двух алюминиевых пластинках, которые служили электродами. Такой, почти полный вакуум может поддерживаться в течение очень короткого промежутка времени. Возвращаясь к идеальной среде, представьте для наглядности кусочек стекла или похожего материала, зажатого в тиски и сжимаемого все больше и больше. В определенный момент времени усиливающееся давление заставит стекло треснуть. Потери энергии при разбиении стекла практически ничтожны, хотя сила приложена большая. Теперь представьте, что стекло обладает свойством восстанавливаться после уменьшения давления. Так ведет себя диэлектрик в разрядном пространстве. Но ввиду того, что должны происходить некоторые потери в разрядном пространстве, среда, которая должна быть постоянной, должна пропускать разряд с большой скоростью. В предыдущем примере стекло хорошо закрыто, это означает, что диэлектрик в разрядном пространстве обладает хорошей изолирующей способностью. Когда стекло трескается, то это сигнализирует о том, что среда в разрядном пространстве стала хорошим проводником. Диэлектрик должен очень существенно менять свое сопротивление в зависимости от изменений электродвижущей силы в разрядном пространстве.

Это состояние было достигнуто, но очень несовершенным способом: нагреванием воздуха

до определенной критической температуры, которая зависит от ЭДС, проходящей через разрядное пространство. Но дело в том, что воздух не обеспечивает пробивной разряд, при резких изменениях этого условия. В частности, резкому всплеску тока всегда предшествует слабый ток, который сначала повышается постепенно, а затем относительно быстро. Вот почему период изменения значительно выше, при пробое, например, через стекло, нежели через воздух, или иной материал со схожими диэлектрическими свойствами. Поэтому, в качестве среды для прохождения разряда, предпочтительнее выбирать твердое тело или даже жидкость. Трудно себе представить твердое тело, которое обладает способностью восстанавливаться после растрескивания. Но жидкость, особенно под высоким давлением, фактически обладает свойствами, присущими твердому телу, но при этом не трескается. Следовательно, жидкий изолятор может быть более подходящим диэлектриком, чем воздух. Следуя этой идее, было проведены испытания большого количество различных типов разрядных устройств, в которых использованы такие изоляторы, иногда даже при большем давлении. Мне представляется важным более подробно остановиться на одном из устройств, использованных в эксперименте. Одно из таких разрядных устройств изображено на Рис. 4a и 4b. Полый металлический шкив *P* (Рис.4a) закреплен на валу *a*, который вращается со значительной скоростью. Внутри шкива, но не соприкасаясь с ним, расположен тонкий диск *h* (который для большей наглядности показан толстым). Диск закреплен в прочной резиновой форме, в которую вставлены два металлических сегмента *s s*, с металлическими удлинителями *e e*, в которые

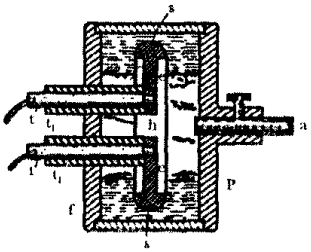


Рис. 4a.

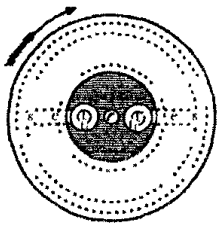


Рис. 4b.

ввинчены проводящие клеммы *t t*, покрытые толстыми трубками из прочной резины *t t*. Резиновый диск *h* с его металлическими сегментами *s s* обработан на токарном станке и вся его поверхность отполирована так, чтобы исключить любое возможное фрикционное сопротивление при движении в жидкости. В полости шкива находится изолирующая жидкость, которая разлита тонким слоем так, что достигает открытой стороны фланца "f", который плотно ввинчен во внешнюю поверхность шкива. Контакты *t t*, подключены к противоположным контактам батареи конденсатора так, чтобы разряд проходил через жидкость. Когда шкив вращается, жидкость растекается против обода шкива и ее давление значительно усиливается. Таким простым способом разрядное пространство заполняется средой, поведение которой практически подобно твердому веществу, и которая обладает качеством немедленно заполнять возникающие трещины. Кроме того, она циркулирует через разрядное пространство с большой скоростью. Очень сильные эффекты были получены с использованием разрядных устройств этого типа с жидкостными прерывателями самых разных форм. Как и ожидалось, обнаружилось, что при определенной длине провода получалась искра, длина которой превосходила длину искры в случае, когда в качестве прерывающего устройства использовался воздух. Обычно в типе описанного выше разрядного устройства скорость и соответственно, давление жидкости ограничены по причине трения жидкости. Но практически получаемая скорость более чем достаточна для получения числа прерываний, подходящих для обычно используемых цепей.

В таких случаях металлический шкив *P* снабжался выступами, направленными внутрь, и по

скорости вращения шкива можно было подсчитать получившееся число прерываний. Кроме того, продолжались эксперименты с жидкостями различной изолирующей способности, с целью снизить потери мощности в дуге. Когда изолирующая жидкость умеренно нагревалась, уменьшались и потери мощности в дуге.

В экспериментах с различными разрядными устройствами этого типа была отмечена важная деталь. Например, было обнаружено, что поскольку созданные условия благоприятны для образования искр большой длины, получающийся таким образом ток не лучшим образом подходит для получения световых эффектов. Опыт показал, что для таких целей больше подходит гармоническое повышение и понижение потенциала. Будь то твердое тело, которое раскалено или фосфоресцирует, будь то энергия, передаваемая катушкой конденсатора через стекло, совершенно ясно, что гармоническое повышение и понижение потенциала действует менее разрушительно, а вакуум удерживается более длительное время. Это легко объясняется тем, что идущий в вакууме процесс имеет электролитическую природу.

На схеме, изображенной на Рис. 1, на которую я уже ссылался, проиллюстрированы наиболее часто встречающиеся на практике случаи. Имеется ток, постоянный или переменный, получаемый от источника электроснабжения. Для экспериментатора в изолированной лаборатории подходит использование описанной выше машины *G*, которая может вырабатывать оба вида тока. Кроме того, предпочтение отдается этой машине потому, что экспериментатор использует большое количество электрических схем, а также потому, что она может оказаться полезной и удобной в случаях, когда требуется менять направление тока в разных фазах эксперимента. На схеме *D* представляет собой цепь прямого, а *A* - цепь переменного тока. В каждой из них показаны три ответвления цепи, каждое из которых снабжено двойным переключателем линии *s s s s s s*. Сначала рассмотрим преобразование постоянного тока; la представляет собой простейший случай. Если ЭДС генератора достаточна для пробоя небольшого воздушного пространства, по крайней мере, когда последний нагревается или иным способом понижается его изоляция, то в этом случае не составляет особого труда поддерживать вибрацию с хорошей экономичностью, правильно регулируя емкость, самоиндукцию и сопротивление цепи *L*, содержащей устройства *l l m*. В этом случае магнит *N S* можно с успехом объединить с воздушным пространством. Разрядное устройство *d d* с магнитом может быть расположено любым из способов, указанных на схеме жирной, или пунктирной линиями. Цепь 1a с соединениями и устройствами предполагает наличие показателей, пригодных для получения и поддерживания колебаний. Обычно ЭДС в цепи или в ответвлении 1a составляет 100 вольт или около того. Этого недостаточно, чтобы произошел пробой через разрядное пространство. Для исправления этого недостатка можно использовать много различных способов, повышая ЭДС через разрядное пространство. Возможно, что простейшим из них является последовательное включение большой катушки самоиндукции к цепи *L*. При возникновении дуги, например, через разрядное устройство, изображенное на Рис. 2, магнит тут же выдует ее. Теперь дополнительный ток разряда с большой ЭДС пробьет пространство и вновь создается путь с низким сопротивлением для прохождения тока от динамо-машины. Это вызовет внезапный всплеск тока, идущего от динамо-машины воздействие тока, идущего из динамо-машины и ослабление возмущение излишнего тока. Этот процесс повторяется очень быстро. Таким образом, мне удалось поддерживать колебания через разрядное пространство на уровне 50 вольт и даже меньше. Но такое преобразование не рекомендуется по причине слишком сильного тока, проходящего через зазор, и возникающего в результате этого нагревания электродов. Кроме того, полученная таким образом частота очень низка из-за высокого уровня самоиндукции, возникающей в цепи. Очень желательно чтобы ЭДС была как можно больше, во-первых для тог, чтобы увеличить экономичность преобразования, а во- вторых, чтобы получить высокую частоту. Конечно, разность потенциалов в этих электрических осцилляциях приравнивается к силе натяжения в механических колебаниях пружины. Чтобы получить очень быструю вибрацию в цепи с некоторой инерцией, необходима большая сила натяжения или разность потенциалов. Между прочим, когда ЭДС очень велика, возникает необходимость в использовании конденсатора,

который обычно используется в цепях, но емкость его должна быть небольшой. Это даст дополнительные преимущества.

Для того, чтобы увеличить ЭДС до значений во много раз превышающих те, которые получают при обычном распределении тока, используют вращающийся трансформатор *g* так, как показано на I Ia, либо включают другую машину с высокой разностью потенциалов для того, чтобы мотор работал от генератора *G*. Последний способ предпочтителен, так как эти изменения легко внести и применить. Подключения высоковольтных проводов похожи на подключения в ответвлении Ia, за исключением того, что конденсатор *C*, который должен быть регулируемым, подключен к цепи высокого напряжения. Также в эксперименте обычно используют катушку с регулируемой самоиндукцией, которую последовательно включают в цепь. Когда напряжение тока очень велико, обычно применяют магнит в соединении с разрядным устройством, сравнительно малой мощности. Варьируя размерами цепи легко установить параметры, при которых поддерживаются колебания. Использование постоянной ЭДС в высокочастотных преобразованиях имеет некоторые преимущества по сравнению с использованием переменной ЭДС: более простая регулировка и контроль значений ЭДС. Но, к сожалению, величина ЭДС ограничивается величиной получаемого напряжения. Обмотка также может быть легко повреждена от воздействия искр, которые возникает между частями якоря, или коммутатора при очень большой осцилляции. Кроме того, такие трансформаторы дороги в изготовлении. Как показывает опыт, лучше придерживаться схемы, изображенной на рис. III a. В этом устройстве использован вращающийся трансформатор *g* для преобразования постоянного тока низкого напряжения в переменный низкочастотный ток, преимущественно тоже с низким напряжением. Напряжение тока затем повышается в стационарном трансформаторе *T*. Вторичная обмотка *s* трансформатора подключена к регулируемому конденсатору *C*, который разряжается через зазор, или разрядник *d d*, и может располагаться одним из указанных на схеме способов. Также как и в предыдущих случаях, ток высокой частоты получают со вторичной обмотки *s* пробивной разрядной катушки. Это, несомненно, самый дешевый и наиболее удобный способ преобразования постоянного тока.

Три ответвления цепи *A* представляют собой часто встречающиеся в практике способы преобразования переменного тока. На Рис. Ib, конденсатор *C*, как правило большой емкости, включен в цепь *L* содержащую устройства *l l*, *m m*. Предполагается, что устройства *m m* обладают высокой самоиндукцией, для того чтобы передавать частоту тока более или менее схожую с частотой тока динамо-машины. В данном случае разрядное устройство *d d* должно иметь число прерываний в секунду равное удвоенной частоте динамо-машины. Если же этого нет, то, по крайней мере, число прерываний должно быть кратно или равно частоте динамо машины. На Рис. Ib можно увидеть, что преобразование в ток высокого напряжения можно добиться, когда разрядное устройство *d d* исключено из цепи. Но эффекты, получаемые током, резко повышающимся до высоких значений, как в пробойном разряде, существенно отличаются от тех, которые получаются токами, поступающими от динамо-машины, повышающимися и понижающимися гармонически. Например, в данном случае число прерываний могло быть равно удвоенной частоте динамо-машины, или, другими словами, могло иметь такое же число основных колебаний, как если бы они были получены без разрядного пространства. Возможно также, что при этом не возникали бы более быстрые накладные колебания. А поскольку напряжение в разных точках цепи различно, то вряд ли мы найдем два случая, где импеданс и другие явления, которые зависят от частоты изменения, походили бы друг на друга. Таким образом, при работе с токами пробойного разряда, главным элементом, который следует принимать во внимание, является не частота, а скорость изменения в единицу времени. При низкой частоте в определенных условиях могут быть получены такие же эффекты, как и при высокой частоте, если при этом обеспечена достаточно высокая скорость изменения. Так, если низкочастотный ток возрастает до разности потенциалов, скажем, 75 000 вольт, и ток высокого напряжения проходит через несколько нитей накала, обладающих высоким сопротивлением, последовательно соединенных ламп, то важность разреженного газа, окружающего нити накала становится очевидной. Ниже об этом будет рассказано подробней.

Как мы увидим позже, если ток низкой частоты в несколько тысяч ампер проходит через металлический брусок, то наблюдается поразительный феномен импеданса, такой же как и с током высокой частоты. Однако очевидно, что с током низкой частоты невозможно получить такую же скорость изменения в единицу времени, как и с током высокой частоты, следовательно, эффекты производимые последним более заметны. Мне кажется целесообразным сделать несколько предварительных замечаний в отношение недавно описанных эффектов. Совершенно случайно обнаружилось, что большинство этих эффектов происходят также с токами высокой частоты. Частота сама по себе ничего не означает, исключая случаи когда рассматривается не возбужденная гармоническая осцилляция.

В ответвлении цепи IIIb расположение компонентов схоже с тем, что показано на ответвлении Ib. Различие состоит в том, что ток, разряжающийся через зазор *d d*, используется для индуцирования тока во вторичной обмотке *s* трансформатора *T*. В этом случае вторичная обмотка должна быть снабжена регулируемым конденсатором для ее настройки с первичной обмоткой.

Ответвление цепи IIb представляет собой схему преобразования переменного тока высокой частоты, который используется наиболее часто, и который оказался наиболее удобным в применении. В этой схеме делается акцент на то, что было уже рассмотрено ранее, и описывать их здесь нет необходимости.

Некоторые из этих результатов получены с использованием высокочастотного генератора переменного тока. Описание этой машины я приводил в своем выступлении перед аудиторией Американского Института Инженеров-электриков, а также в периодической печати того периода, в частности в журнале Electrical Engineer от 18 марта 1891 года.

Теперь я перейду к экспериментам.

О ЯВЛЕНИЯХ, ПРОИЗВОДИМЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ СИЛОЙ.

Первый класс эффектов, которые я собираюсь показывать Вам — это эффекты, производимые электростатической силой. Это сила, которая управляет движением атомов, обуславливает их столкновения и порождает энергию тепла и света. Эта сила также служит причиной агрегации атомов бесконечным количеством способов, в соответствии с фантастическими проектами Природы, и образует все те изумительные структуры, которые мы видим вокруг себя. Если наши нынешние представления верны, то это наиболее важная для нас сила в Природе. Как термин, электростатика может подразумевать устойчивое электрическое состояние, но нужно заметить, что в наших экспериментах эта сила не постоянна, она изменяется с частотой, которую можно рассматривать как умеренную — миллион раз в секунду, или около того. Это позволяет мне воспроизвести множество эффектов, которые с силой постоянной величины произвести невозможно.

Когда два токопроводящих тела изолированы и заряжены, мы говорим, что между ними действует электростатическая сила. Эта сила проявляет себя в притяжении, отталкивании и напряжении, возникающих в телах, пространстве, или внешней среде. Напряжение в воздухе, или в другой среде, разделяющей два токопроводящих тела, может быть настолько велико, что может произойти прорыв, и тогда мы видим искры, пучки света, или, как их иначе называют, стримеры. Эти стримеры образуются в большом количестве, когда сила, протекающая через воздух, быстро изменяется. Я наглядно покажу действие этой электростатической силы в новейшем эксперименте, в котором я использую индукционную катушку, о которой я уже говорил ранее. Катушка размещается в контейнере, заполненном маслом, и устанавливается под столом. Два конца провода вторичной обмотки проходят через две толстых столбика из прочной резины, которые выдаются на некоторую высоту над уровнем стола. Концы или клеммы вторично обмотки необходимо хорошо заизолировать с помощью прочной резины, поскольку даже сухое дерево является плохим изолятором для тока с огромной разностью потенциалов. На одной из клемм катушки я разместил большую сферу, сделанную из листа латуни, которую подсоединил к большой изолированной латунной пластине. Это позволило мне выполнять эксперимент при условиях, которые, как вы увидите, наиболее подходят для этого

эксперимента. Затем я привел катушку в действие и приблизил свободную клемму к металлическому предмету, находящемуся в моей руке, так, чтобы не получить ожогов. Когда я приблизил металлический предмет на расстояние в восемь или десять дюймов, стремительный поток искр вырвался с конца провода вторичной обмотки, который проходил через резиновую трубку.

Искрение прекращалось, когда металл в моей руке соприкасался с проводом. Теперь моя рука находилась под действием сильного электрического тока с колебаниями около одного миллиона раз в секунду. Все вокруг меня заполнилось электростатической силой, молекулы воздуха и частицы пыли подверглись этому воздействию и сильно бились о мое тело. Возбуждение частиц было таким сильным, что когда выключили свет, можно было увидеть потоки слабого света, появившиеся на некоторых частях моего тела. Когда такой стример вспыхивает на какой либо части тела, он вызывает ощущение, подобное уколу иглы. Когда разность потенциалов достаточно велика, а частота колебаний, наоборот, мала, то кожа может получить серьезные повреждения от воздействия огромного напряжения. Кровь с большой силой будет хлестать наружу в виде тонкой струи или брызг, настолько малых, что они будут невидимы, точно также как масло, находящееся на положительной клемме машины Гольца. Разрыв кожи, хотя это и может показаться невозможным сначала, вполне возможен, так как ткани, расположенные под поверхностью кожи, являются несравнимо лучшими проводниками, чем сама кожа. По крайней мере, это кажется правдоподобным, исходя из некоторых наблюдений.

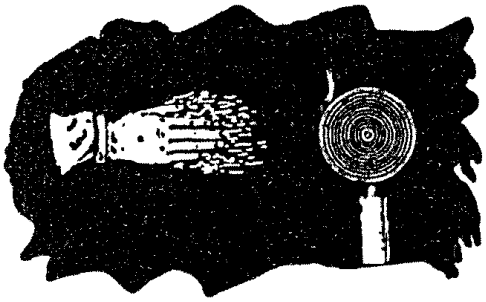


Рис. 5.

Я могу сделать эти потоки света видимыми для всех, если прикоснусь металлическим предметом к одной из клемм и приближу мою свободную руку к латунной сфере, которая подсоединена ко второй клемме катушки. Когда рука приближается, воздух между ней и сферой возбуждается сильнее, и вы видите потоки света, исходящие с кончиков моих пальцев и с руки в целом (рис. 5). Если бы я еще ближе поднес руку, то к ней слетали бы сильные искры со сферы, и это могло бы быть опасным. Стримеры не доставляют никакого неудобства, за исключением того, что кончики пальцев чувствуют сильное тепло. Эти стримеры не следует сравнивать с теми, которые вырабатываются электрофорным генератором, так как во многих отношениях их поведение различно. Я подсоединил латунную сферу и пластину к одной из клемм для того, чтобы предотвратить образование видимых стримеров на клемме, а также для того, чтобы предотвратить распространение искр на значительное расстояние. Кроме того, такой контакт благоприятно сказывается на работе катушки.

Потоки света, испускание которых с моих рук вы наблюдаете, обусловлено разностью потенциалов величиной около 200 000 вольт, изменяющейся довольно нерегулярно, иногда до миллиона раз в секунду. Для того чтобы окружить пеленой света все мое тело потребуются колебания такой же амплитуды, но скорость их должна быть в четыре раза больше. Для этого требуется напряжение более 3 000 000 вольт. Но это пламя не должно меня обжигать, совсем наоборот, вероятность повреждения уменьшается. Даже сотой части такой энергии, направленной по-другому, достаточно, чтобы убить человека.

Величина энергии, которая таким образом может проходить через тело человека, зависит от частоты и потенциала тока. Делая оба этих показателя очень большими, можно пропускать через тело человека огромное количество энергии без малейшего для него дискомфорта, за исключением, возможно, руки, по которой движется ток. Причиной того, что тело не испытывает боль и ему не причиняется вред, является то, что повсюду, где ток протекает через тело, его поток направлен под прямым углом к поверхности тела. Поэтому тело экспериментатора является огромным рассекателем потока и его плотность очень мала, за

исключением руки, где плотность может быть значительной. Но если только небольшая часть энергии будет направлена так, что ток будет проходить через тело так, как при низкой частоте, полученный удар может быть смертельным.

Я думаю, что постоянный или низкочастотный переменный ток в принципе опасен из-за того, что его распределение через тело непостоянно. Он должен разделяться на мельчайшие ручейки с большой плотностью, из-за чего повреждаются жизненно важные органы. Не сомневаюсь, что такой процесс происходит, хотя никаких подтверждений не было обнаружено при проведении эксперимента. Постоянный ток причиняет повреждения, но еще более болезненным является переменный ток с очень низкой частотой. Основанием выразить это мнение, которое родилось в результате длительного эксперимента и наблюдений постоянного и переменного токов, явился явный интерес к этому предмету, выражающийся в ошибочных идеях, ежедневно выдвигаемых в журналах по этому вопросу.

Я могу проиллюстрировать эффект электростатической силы при помощи другого замечательного эксперимента, но перед этим я должен привлечь ваше внимание к одному или двум фактам. Ранее я сказал, что когда среда между двумя электростатически заряженными телами *напряжена до определенного предела, то это вызывает действие, или, говоря* популярным языком, противоположные электрические заряды объединяются и нейтрализуют друг друга. Это разрушение среды всегда происходит, когда сила, действующая между телами, постоянна или варьируется с умеренной скоростью. Если же изменения скорости существенно больше, то такое деструктивное действие не происходит вне зависимости от того, насколько велика эта сила. Вся энергия расходуется на излучение, конвекцию, механическое или химическое действие. Таким образом, длина искры, или наибольшее расстояние, на котором может возникнуть искра между электростатически заряженными телами является тем меньше, чем больше изменения скорости заряда. Но это правило может быть истинно только для обычных случаев, когда сравниваемые скорости варьируются в широком диапазоне.

Я экспериментально покажу вам различие в эффектах, получаемых при быстром изменении силы, при постоянной силе, или при умеренном изменении силы. У меня есть две большие латунные пластины *p p*, согнутые в кольца (Рис. 6a и Рис. 6b), которые закреплены в передвижных изолирующих держателях, стоящих на столе. Пластины присоединены к концам вторичной обмотки катушки, похожей на ту, что использовалась ранее. Я разместил пластины на расстоянии в десять или двенадцать дюймов друг от друга и включил катушку. Я увидел, что пространство между пластинами размером около двух кубических футов заполнилось ровным светом, Рис. 6a. Этот свет обусловлен стримерами, которые вы могли видеть в первом эксперименте, но теперь он был более интенсивным. Я уже акцентировал внимание на важности стримеров в коммерческих приборах, но они очень важны и в чисто научных исследованиях. Часто их плохо видно, но они всегда есть, они поглощают энергию и изменяют действие приборов. Когда стримеры интенсивны, как сейчас, они в больших количествах производят озон и, кроме того, как отметил профессор Крукс, азотистую кислоту. Это химическая реакция такая быстрая, что когда работает катушка, такая как в нашем случае, то в скором времени атмосфера в маленькой комнате становится невыносимой из-за вредного воздействия на глаза и горло. Но при умеренном воздействии стримеры замечательно освежают атмосферу подобно грозе, и опыты, бесспорно, оказывают благоприятное действие.

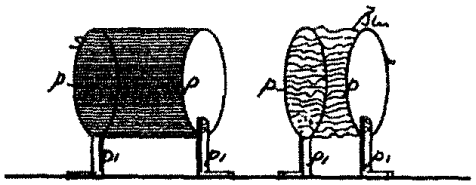


Рис. 6a. Рис. 6b.

В этом эксперименте сила, действующая между пластинами, изменяется по интенсивности и с очень большой скоростью. Теперь я сделаю скорость изменения в единицу времени значительно меньше. Этого эффекта я достигаю, пропуская разряд через первичную обмотку индукционной катушки с меньшей частотой, а также уменьшая скорость колебаний во вторичной обмотке. Первый результат достигается путем уменьшения ЭДС в воздушном пространстве первичной цепи, а второй, путем сближения двух латунных пластин на расстояния

около трех или четырех дюймов. Когда катушка работает, вы уже не видите стримеры или свет между пластинами, хотя среда между ними находится под огромным напряжением.

Я продолжу увеличивать напряжение, повышая ЭДС в первичной цепи, и вы увидите, как расходуется воздух и помещение освещается фейерверком блестящих, сухих, шумных искр, Рис. 6b. Эти искры могли быть получены также и при постоянной (не изменяющейся) силе; это явление хорошо знакомо уже многие годы, хотя и получалось при помощи совершенно другого прибора. При описании этих двух явлений с такими разительными отличиями, я намеренно говорил о "силе", действующей между пластинами. В соответствии с общепринятой точкой зрения было бы правильным сказать, что это была "переменная ЭДС", действующая между пластинами. Этот термин совершенно правилен и применим во всех случаях, когда очевидна, по крайней мере, возможность зависимости между электрическими состояниями пластин или электрическое действие возникает из-за их близости друг к другу. Но если пластины удалены на бесконечное или предельное расстояние друг от друга, то нет ни возможности, ни какой-либо необходимости в такой зависимости. Я предпочитаю использовать термин "электростатическая сила" и говорить, что такая сила действует вокруг каждой пластины, или вообще любого электрически изолированного тела. Неудобно использовать это выражение как термин для устойчивого электрического состояния, но правильная терминология со временем разрешит эту

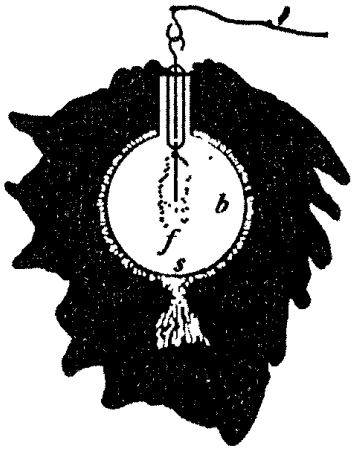


Рис. 7.

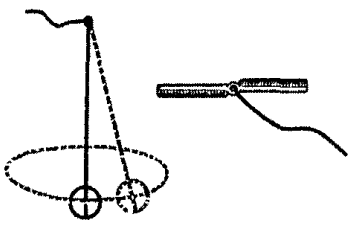


Рис. 8a. Рис. 8b.

трудность.

Я теперь возвращаюсь к эксперименту, о котором я уже упомянул и которым я хочу иллюстрировать поразительный эффект, производимый быстро изменяющейся электростатической силой. Я присоединяю к концу провода, (Рис. 7), который соединен с одной из клемм вторичной обмотки индукционной катушки, вакуумную лампу *b*. Эта лампа содержит тонкую углеродную нить накала, которая соединена с платиновой проволокой *w*, запаянной в стекле. Проволока выходит наружу из лампы и соединяется с проводом. Вакуум в лампе может быть получен при помощи обычной аппаратуры, и достигать любых значений. За мгновение до этого вы стали очевидцами распада воздуха между заряженными латунными пластинами. Вы знаете, что стеклянная пластина или любой другой изолирующий материал будут пробиваться похожим образом. А если взять металлическое покрытие и прикрепить его на внешней стороне лампы, или поблизости от нее, а затем соединить этого покрытия с клеммой катушки, то вы будьте готовы увидеть, как поддается стекло, когда напряжение достигло определенного уровня. Даже когда покрытие не соединяется с другой клеммой, но контактирует с изолирующей пластиной, тем не менее, вы будете ожидать разламывания стекла.

Однако вы с удивлением обнаружите, что под действием изменяющихся электростатических сил стекло не выдерживает, если все другие тела удалены из лампы. Фактически, мы полагаем, что все окружающие тела, которые мы воспринимаем, могут быть удалены на бесконечное расстояние, и это никак не повлияет на результат.

Когда катушка начинает работать, стекло неизменно дает трещину в области перемычки,

или в другом узком месте, и вакуум быстро исчезает. Такое повреждение не должно происходить при действии постоянной силы, даже если она во много раз больше. Трещина является следствием возбуждения молекул газа в лампе и вне ее. Это возбуждение, которое обычно наиболее сильно в узком, остром месте канала вблизи перемычки, вызывает нагрев и разрыв стекла. Однако, этот разрыв не будет происходить даже при изменении силы, если среда, заполняющая лампу и наружная среда совершенно однородны. Повреждение происходит значительно быстрее, если верх лампы выведен в тонкое волокно. В лампах, применяемых с этими катушками, такие узкие каналы должны быть удалены.

Когда проводящее тело погружено в воздух или похожую изолирующую среду, содержащую или состоящую из маленьких свободно двигающихся частиц, способных наэлектризовываться, и когда электризация тела происходит с очень большой скоростью (с такой, что справедливо утверждение, что электростатическая сила действует вокруг тела с изменяющейся интенсивностью), то маленькие частицы притягиваются и отталкиваются, и их сильное воздействие на тело может вызвать механическое движение последнего. Явления этого типа заслуживают внимания, так как они не наблюдались при использовании ранее применяемой аппаратуры. Если очень легкую токопроводящую сферу подвесить на очень тонком проводе и зарядить до постоянной, но большой величины разности потенциалов, то она останется неподвижной. Даже если разность потенциалов будет сильно изменяться, но при этом распределение маленьких частиц материи, молекул или атомов будет равномерным, то сфера не будет двигаться. Но если одна сторона проводящей сферы будет покрыта толстым изолирующим слоем, то воздействие частиц на сферу приведет к ее движению, как правило, неравномерному. Рис. 8a. Подобным способом, как я показал в предыдущем случае, вращается вентилятор из листа металла Рис. 8b, частично покрытый изолирующим материалом и помещенный на клемму катушки так, что он может поворачиваться.

Все эти явления, которые вы наблюдали, и другие, которые вы увидите позже, обусловлены наличием среды, подобной воздуху и не встречаются в плотной среде. Действие воздуха может быть лучше проиллюстрировано следующим экспериментом. Я беру стеклянную трубку *t*, Рис. 9, около одного дюйма в диаметре, в нижнем конце которой имеется платиновый провод *w*, к которому прикреплена тонкая нить накала *f*. Я соединяю провод с клеммой катушки и включаю ее. Теперь платиновый провод заряжается положительно и отрицательно в быстрой последовательности. Провод и воздух в трубке быстро нагреваются под действием частиц, которое может быть настолько сильным, что нить накаливания раскаляется добела. Но если я налью масло в трубку так, чтобы покрыть им провод, действие прекратится, и нагревания не будет заметно. Причина в том, что масло это практически непрерывная среда. Видимый разряд в такой плотной среде происходит с частотой, несравнимо меньшей, чем в воздухе, следовательно, работа в такой среде будет незначительной. Но масло должно вести себя иначе при больших частотах, и тогда может быть выполнена значительно большая работа.

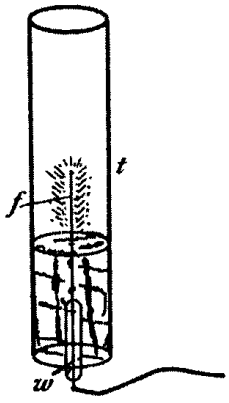


Рис. 9.

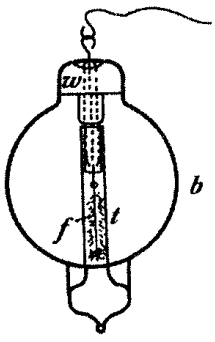


Рис. 10.

Впервые был замечен так называемый электрический феномен, выражающийся в притяжении и отталкивании между соизмеримыми телами, а также другие проявления действия этой силы. Но хотя они были известны нам многие столетия точная природа задействованного здесь механизма все еще остается неизвестной, и даже не получила удовлетворительного объяснения. Какой тип этого механизма? Мы не скрываем удивления при наблюдении двух магнитов, притягивающихся и отталкивающихся с силой в сотни фунтов при кажущейся пустоте

между ними. В наших коммерческих динамо-машинах магниты способны удерживать в воздухе тонны веса. Но что значат даже эти силы, действующие между магнитами по сравнению огромным притяжением и отталкиванием, производимым электростатической силой, величине интенсивности которой, очевидно, нет предела. В разряде молнии тела часто заряжаются до такой высокой разности потеициалов, что они отбрасываются с невообразимой силой, рвутся на части или распадаются на фрагменты. Но даже эти эффекты не сравнятся с притяжением и отталкиванием, существующими между заряженными атомами и молекулами, и которые достаточны для того, чтобы их скорость достигала многих километров в секунду, так что при сильном столкновении тела раскаляются добела и испаряются. Особенно интересно для мыслителя, который интересуется природой этой силы, будет заметить, что несмотря на то, что действие между отдельными молекулами ли атомами происходит в любых состояниях, притяжение и отталкивание соизмеримых по величине тел предполагает наличие изолирующей среды. Так, если воздух, разреженный или нагретый, обнаруживает большую или меньшую проводимость, то действие между двумя заряженными телами практически прекращается, в то время как взаимодействие между отдельными атомами продолжает происходить.

Эксперимент может послужить иллюстрацией и средством показать другие интересные детали. Некоторое время назад я показал, что нить накаливания или провод, установленные в лампе и подключенные к одной из клемм вторичной катушки высокого напряжения вращаются, при этом верхняя часть нити накала описывает круг. Это колебание было очень энергичным, когда воздух в лампочке находился при обычном давлении, и стало менее энергичным, когда воздух в лампочке стал сильно сжат. Оно прекращалось полностью, когда воздух разрежался до такой степени, что приобретал относительно неплохую проводимость. Я установил, что при сильном вакууме в лампе колебаний не происходит. Но я предположил, что колебания, которые я приписал электростатическому действию между стенками лампы и нитью накала, будут иметь место и при сильном разрежении воздуха. Для того, чтобы проверить это в более благоприятных условиях, была сконструирована лампа, похожая на ту, что изображена на Рис 10. Она состоит из шара *b*, на шейке которого закреплена платиновая проволока *w*, к которой присоединена нить накала *f*. В нижней части шара трубка *t* окружает нить накала. Разрежение воздуха производилось обычно используемыми для этого приборами.

Эта лампа оправдала мое ожидание в том, что нить накала должна вибрировать и раскаляться при включении тока. Она также показала другую интересную особенность, имеющую отношение к предыдущим замечаниям. А именно: когда нить накала оставалась раскаленной некоторое время, узкая трубка и пространство внутри нее нагревались до высокой температуры. При этом газ в трубке становился токопроводящим, а электростатическое притяжение между стеклом и нитью накала становилось очень слабым, или исчезало совсем, и нить накала успокаивалась. Когда нить накала успокаивалась, она накалялась еще более сильно. Вероятно, это происходит из-за того, что она занимает положение в центре трубки, где молекулярная бомбардировка была более интенсивна, а также отчасти из-за того, что отдельные столкновения были более сильными, и никакая часть задействованной энергии не преобразовывалась в механическое движение. Поскольку, в соответствии с общепринятой точкой зрения, в этом эксперименте накаливание должно приписываться воздействию частиц, молекул, или атомов в нагретом пространстве, следовательно, как объяснение данному действию, эти частицы должны вести себя как независимые носители электрического заряда, погруженные в изолирующую среду. При этом нет силы притяжения между стеклом трубки и нитью накала, так как пространство в трубке, в целом, обладает электропроводностью.

В этой связи достаточно интересно наблюдать, как притяжение между двумя заряженными телами может прекратиться по причине ослабления изолирующего действия среды, в которую они погружены, и как между телами может возникнуть отталкивание. Это можно правдоподобно объяснить. Когда тела находятся на некотором расстоянии друг от друга в плохо проводящей среде, такой как слабо нагретый или разреженный воздух, и они вдруг заряжаются, то к ним передаются противоположные электрические заряды. Эти заряды более или менее уравниваются благодаря утечке через воздух. Но если тела заряжены одинаково, то

у них меньше возможностей для такой утечки, следовательно, отталкивание, наблюдаемое в этом случае, будет сильнее, чем притяжение. Однако, как показал профессор Крукс, силы отталкивания в газообразной среде усиливаются молекулярной бомбардировкой.

О ТОКЕ ИЛИ ЯВЛЕНИЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Насколько мне известно, такие эффекты возникают главным образом в результате изменений электростатической силы в изолированной среде, например, в воздухе. Когда такая сила воздействует на токопроводящее тело достаточно больших размеров, она вызывает внутри этого тела или на его поверхности движение электричества и создает электрический ток, который в свою очередь создает другой вид явлений. Некоторые из них я сейчас постараюсь Вам продемонстрировать. Для представления второго класса электрических эффектов, я позволю себе выбрать те их них, которые можно воспроизвести без обратной цепи, и надеюсь вызвать у Вас еще больший интерес тем, что представлю эти явления в более или менее новом аспекте.

В течение долгого времени, очевидно, в связи с отсутствием достаточного опыта работы с переменным током, бытовало мнение, что электрический ток представляет собой нечто циркулирующее в рамках токопроводящего тела. Поэтому, когда впервые стало ясно, что электрический ток может идти по токопроводящему пути даже если последний прерывается, то этот факт вызвал изумление. Более того, еще большее изумление вызвало то, что иногда легче обеспечить прохождение тока при таких условиях, нежели через замкнутый путь. Но эта старая идея постепенно угасла даже среди практиков, и вскоре была полностью забыта.

Если подсоединить изолированную металлическую пластину P, см. Рис. 11, к одной из клемм T индукционной катушки при помощи провода, то, несмотря на то, что эта пластина очень хорошо заизолирована, при подключении катушки к цепи, по проводам течет ток. Сначала мне хотелось представить Вам доказательства того, что при этом именно ток течет проводам. Для того, чтобы продемонстрировать это, вполне достаточно поместить между клеммой катушки и изолированной пластиной платиновую, или мельхиоровую проволоку w, которая под действием тока раскалится добела. Для такого опыта необходимы довольно большая пластина и электрические импульсы очень высокого напряжения и частоты. Другой способ состоит в следующем: возьмем катушку C, Рис. 11, содержащую большое количество витков тонкого изолированного провода и включим ее в цепь, по которой ток идет к пластине. Когда я подсоединил один конец катушки к проводу, ведущему к другой изолированной пластине P_1, а другой конец к клемме T_1 индукционной катушки, то, при активации всей цепи, через катушку пошел ток, а его присутствие можно было продемонстрировать самыми разными способами. Например, я вставляю в катушку железный стержень i. Поскольку ток обладает очень высокой частотой и некоторой силой, а при столь высоких частотах гистерезис и потери тока очень велики, то вскоре железный стержень нагреется до высокой температуры. Можно взять стержень определенного размера, изготовленного из слоистого металла, или цельный — существенного значения не имеет, а обычная металлическая проволока, толщиной $^1/_{16}$, или $^1/_8$ дюйма, вполне подходит для этих целей.

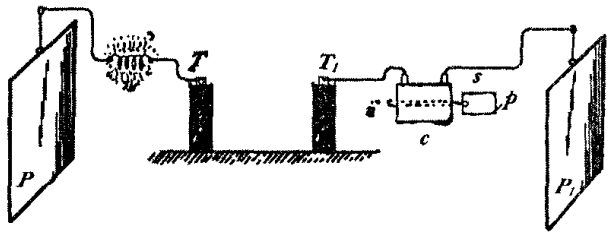


Рис. 11.

Во время работы индукционной катушки, ток проходит по дополнительной катушке, и через несколько секунд железная проволока *i* нагревается до температуры, достаточной, чтобы растопить сургуч, который нанесен на полоску бумаги, и которым последняя крепится к проводу. При этом бумага падает вниз. При помощи аппарата, который находится здесь, можно провести и другие, более интересные опыты такого рода. Для этого задействуется вторичная обмотка *S*, см. Рис. 12, которая изготовлена из толстой проволоки, намотанной на катушку, похожую на ту, которая использовалась в предыдущем эксперименте. В предыдущем эксперименте сила тока, протекающего через катушку *C* была очень низкой, тем не менее, благодаря наличию большого количества витков стало возможным возникновение сильного теплового эффекта на проволоке.

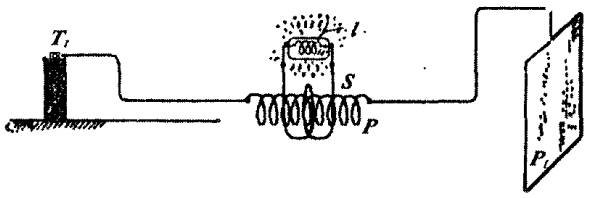


Рис. 12.

Если бы я пропустил этот ток через проводник с целью продемонстрировать эффект нагревания последнего, то, возможно, силы тока такой величины оказалось бы недостаточно для достижения желаемого результата. Но с катушкой, имеющей вторичную обмотку, я могу преобразовывать слабый ток, но с высоким напряжением, который проходит через первичную обмотку *P*, в ток с большей силой, но меньшим напряжением, который уже может вызвать ожидаемый эффект. В маленькую стеклянную трубку я поместил платиновую проволоку *w*, свернутую в змеевик. Такая форма проволоки обусловлена исключительно соображениями защиты ее от внешнего механического воздействия. На каждом конце трубки имеется впаянная клемма из толстой проволоки, с которыми соединены концы платиновой проволоки *w*. Я подключил клеммы вторичной катушки к клеммам трубки и, как и ранее, поместил первичную обмотку *p* между изолированной пластиной P_1 и клеммой T_1 индукционной катушки. При замыкании цепи, как только индукционная катушка начитает действовать, платиновая проволока "w" мгновенно раскаляется, и может оплавиться, даже если она очень толстая.

Вместо платиновой проволоки в данном случае я использовал обычную 50-вольтовую лампу в 16 свечей. Как только я включил в работу индукционную катушку — нить накала лампы раскалилась. При этом нет необходимости использовать изолированную пластину, лампа (I, Рис. 13) раскаляется даже если пластина P_1 отключена. Для того, чтобы снизить электростатическую индукцию, или для иных целей, можно также подключить вторичную катушку к первичной так, как это показано пунктирной линией на Рис. 13.

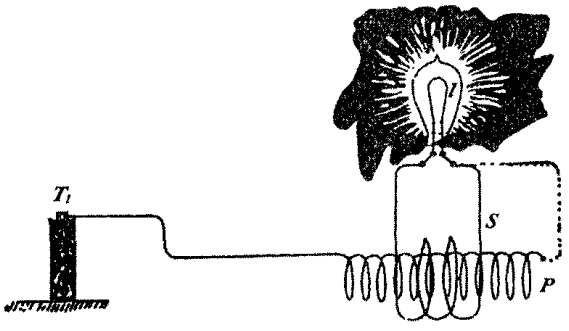


Рис. 13.

А сейчас я хотел бы заострить Ваше внимание на некоторых данных наблюдения за лампой. Первое, я отключил одну из клемм лампы от вторичной обмотки *S*. Как только в цепи появился индукционный ток, вспыхнул яркий свет. Этот свет образовался благодаря электростатической индукции. При охвате лампы рукой — свечение усиливается. Это объясняется тем, что емкость тела экспериментатора добавляется к емкости вторичной цепи. По своему эффекту вторичная обмотка эквивалентна металлическому покрытию, которое могло бы быть расположено рядом с первичной обмоткой. Если вторичную обмотку, или ее

эквивалент — покрытие, расположить симметрично по отношению к первичной, то при обычных условиях электростатическая индукция будет равна нулю. Это происходит потому, что при использовании первичной обратной цепи, обе половины нейтрализуют друг друга. На самом деле, вторичная обмотка располагается симметрично по отношению к первичной, однако, когда только один конец первичной обмотки подсоединен к индукционной катушке, то действие двух ее половин становится не равнозначным. В результате, возникает электростатическая индукция и вспыхивает свет в лампе. Можно почти полностью компенсировать действие двух половин первичной обмотки, если подсоединить ее другой, свободный конец к изолированной пластине, как в предыдущем эксперименте.

Когда мы подключаем пластину, свечение прекращается. Если использовать пластину меньших размеров, то свечение не будет исчезать полностью, а нагрев воздух в лампе будет способствовать свечению нити накала, когда вторичная обмотка замкнута.

Для того, чтобы продемонстрировать другую особенность, я подключил катушки определенным образом. Сначала я подключил обе клеммы лампы ко вторичной обмотке, затем один конец первичной обмотки — к клемме T_1 индукционной катушки, а другой конец — к изолированной пластине P_1, как и ранее. При подаче тока лампа загорелась ярким светом. На Рис. 14b изображении эта схема, где C — катушка из тонкой проволоки, а S — вторичная обмотка из толстой проволоки, намотанная поверх катушки. Если отключить изолированную пластину P_1, что изолирует один конец "a" первичной обмотки, то нить накала лампы станет темной, то есть яркость света уменьшится (Рис. 14a). Снова подсоединив пластину P_1 и увеличив частоту тока, я добился того, что нить накала стала темной, почти красной (Рис. 15b). Я еще раз отсоединил пластину. Напрашивается естественный вывод, что при отключении пластины, ток, проходящий через первичную обмотку, ослабевает, что в свою очередь снижает электродвижущую силу во вторичной обмотке S, в результате чего снижается яркость лампы. В таком случае, такой же результат можно было бы легко получить слегка подрегулировав катушки, а также изменив частоту и напряжение тока. Но, возможно, куда больший интерес представляет тот факт, что при отключении пластины, яркость свечения лампы увеличивалась (Рис. 15a). В этом случае вся энергия, которую получает первичная обмотка, попадает в нее как заряд электрической батареи в океанский кабель, но большая часть этой энергии возвращается через вторичную обмотку и вызывает свечение лампы. Ток, проходящий через первичную обмотку, имеет наивысшую силу в точке b, где происходит контакт с индукционной катушкой, и теряет свою силу на пути к точке a. В данной ситуации динамический индуктивный эффект на вторичной катушке S больше, чем ранее, когда пластина была подключена к первичной обмотке. Эти результаты могли образоваться по нескольким причинам. Например: при подключенной пластине P_1, реакция со стороны катушки C могла быть такой, что потенциал на клемме T_1 индукционной катушки уменьшился, и таким образом ослабил силу тока, теку-

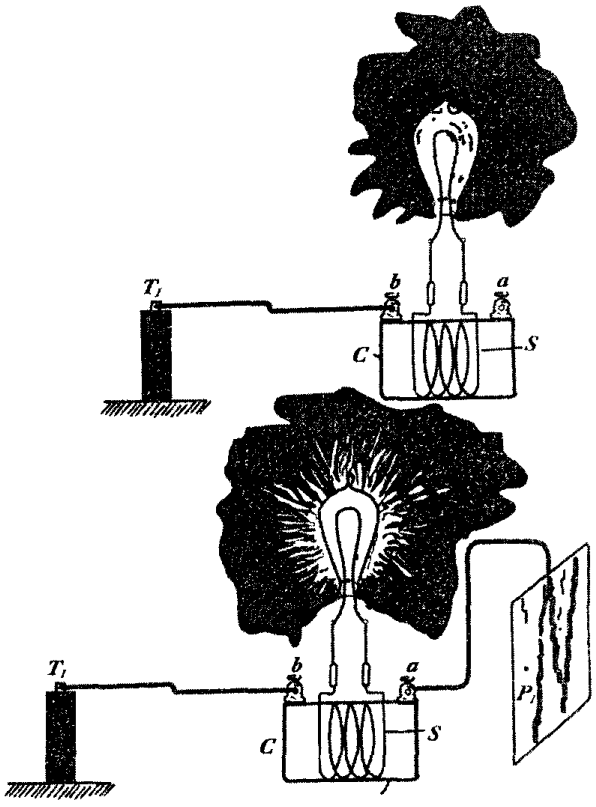


Рис. 14a.

Рис. 14b.

щего через первичную обмотку катушки *C*. Либо, отключение пластины могло привести к уменьшению емкостного эффекта в отношение первичной обмотки катушки до такой степени, что уменьшилась сила тока, протекающего через нее, несмотря на то, что потенциал на клемме T_1 индукционной катушки мог оставаться той же величины, а то и более. Либо, данный результат мог образоваться вследствие изменения фазы токов в первичной и вторичной обмотках, и последующей реакции. Но главным определяющим фактором является соотношение самоиндукции, емкости катушки *C*, пластины P_1, а также частоты тока. Однако повышенная яркость нити накала на Рис. 15a частично обуславливается нагревом разреженного газа в лампе, вызванном электростатической индукцией, которая, как было отмечено ранее, больше при отсоединенной пластине.

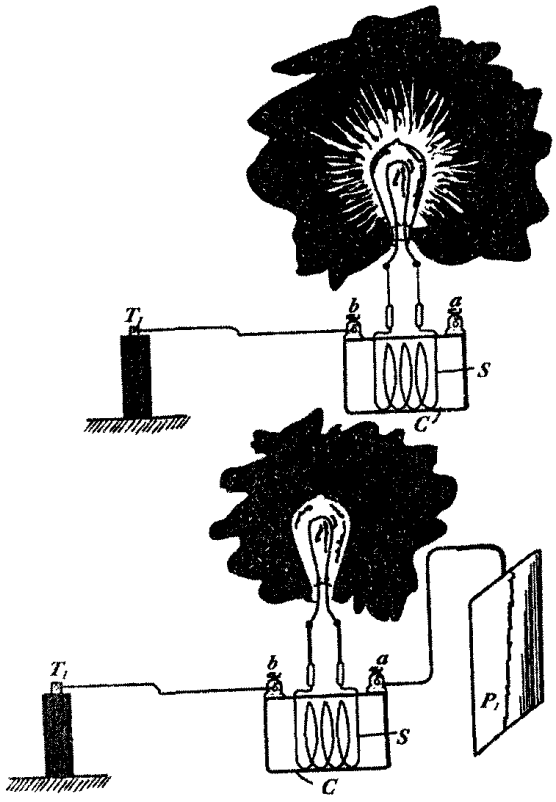


Рис. 15a.

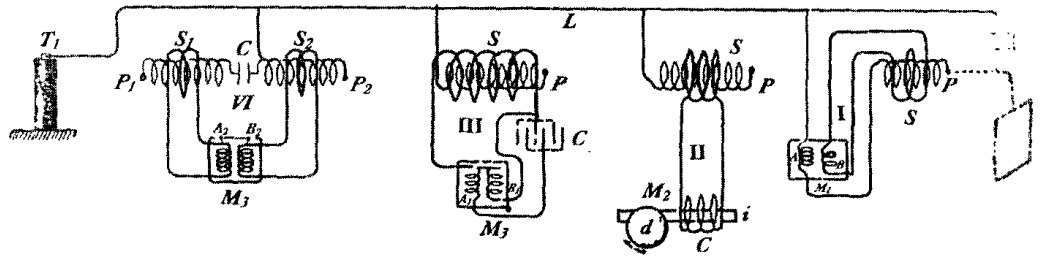
Рис. 15b.

Есть еще и другая особенность, на которую я хотел бы обратить Ваше внимание. Когда изолированная пластина отключена и вторичная обмотка катушки открыта, то при приближении ко вторичной обмотке небольшого предмета видно, как из нее вылетают небольшие искорки, демонстрируя тем самым, что электростатическая индукция в данный момент очень мала. Но если вторичная обмотка замкнута, или подключена к лампе, нить накала которой ярко светится, то при приближении ко вторичной обмотке небольшого предмета возникают довольно мощные искры. В этом случае электростатическая индукция намного больше, поскольку замкнутая вторичная обмотка обуславливает наличие большого тока в первичной обмотке, особенно в той ее половине, которая соединена с индукционной катушкой. Если в этот момент обхватить лампу рукой, то емкость вторичной обмотки по отношению к первичной увеличится на величину емкости тела человека, и яркость свечения нити накала увеличится. Возникновение белого накала в данном случае обусловлено двумя факторами: прохождением тока через нить накала и молекулярной бомбардировкой разреженного газа в лампе. Наблюдения за предыдущими опытами принесли довольно интересные результаты. Если я могу обеспечить прохождение электрического тока по проводу подключив только один его конец к источнику электрической энергии, значит, я могу этим током индуцировать другой ток, намагнитить железный стержень, и, короче говоря, проделать все операции, которые я мог бы осуществить при использовании обратной цепи, даже заставить вращаться электродвигатель при помощи только одного провода. Ранее я уже описывал конструкцию простого электрического двигателя, который состоит из одной катушки возбуждения, железного стержня и диска. На Рис. 16 изображен несколько видоизмененный способ работы подобных электродвигателей переменного тока. Эти двигатели приводятся в движение переменным током индуцированным в трансформаторе, у которого один выход подключен к клемме двигателя, а другой к различным цепям, вырабатывающим ток, различающийся по фазе, и приводящий в движение двигатели определенного класса. Имея перед собой данную иллюстрацию, думается, что достаточно нескольких слов для описания этой схемы. На Рис. 16II изображена первичная катушка *P*, соединенная одним своим выходом с контуром *L*, идущим от клеммы T_1 трансформатора высокого напряжения. Ток, проходящий

по первичной обмотке P возбуждает индукционный ток во вторичной обмотке S, изготовленной из толстой проволоки, в цепи которой имеется катушка C. Далее ток, возникающий во вторичной обмотке, передает электромагнитную энергию железному стержню i, который желательно, но не обязательно, состоит из нескольких частей, и заставляет вращаться диск d. Такой двигатель, на Рис. 16II он схематически изображен под литерой M_2, называется "магнитно-инерционным двигателем". Но такое определение может быть вынесено теми, кто полагает, что вращение двигателя вызвано вихревыми потоками, возникающими в момент, когда стержень i вдвигается в индукционное поле обмотки. Для того, чтобы такой двигатель, какой изображен на рисунке, мог эффективно работать, частота тока не должна быть слишком высокой, не более четырех или пяти тысяч колебаний в секунду, хотя вращение будет происходить и при десяти тысячах колебаний в секунду, и даже более.

На Рис. 16 I электродвигатель с двумя цепями возбуждения схематически изображен под литерой M_1. Цепь A соединена с контуром L, и последовательно с первичной обмоткой P, свободный выход которой может быть подключен к пластине P_1. Такое соединение отмечено на схеме пунктирными линиями. Другая цепь двигателя B соединена со вторичной обмоткой s, которая состоит в индуктивной связи с первичной обмоткой P. Переменный ток, через клемму T_1 трансформатора, проходит через открытый контур L, а также через цепь A, и первичную обмотку P. При прохождении через первичную обмотку ток индуцирует вторичный ток в цепи S, который отличается от тока в первичной обмотке по фазе на 90 градусов, или около того, и может привести в движение якорь, который индуктивно связан с цепями A и B.

Рис. 16.



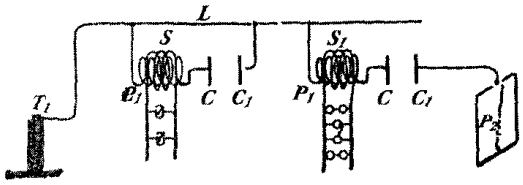


Рис. 17.

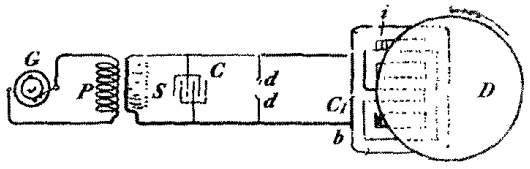


Рис. 18.

На Рис. 16 III изображен подобный электродвигатель, с двумя цепями возбуждения: A_1 и B_1. Первичная обмотка P, одним своим выходом подключенная к контуру L, имеет вторичную обмотку S, желательно чтобы она была намотана так, чтобы обеспечивать достаточно высокую электродвижущую силу, и к которой подключены две цепи возбуждения двигателя: одна непосредственно к выходам вторичной обмотки, а другая к конденсатору C, при помощи которого и достигается разница в фазах у тока, проходящего через цепи A_1 и B_1.

На Рис. 16 IV изображена другая схема подключения. Две первичные обмотки P_1 и P_2 подключены к контуру L: одна через конденсатор малой емкости C, а другая напрямую. Первичные обмотки имеют вторичные S_1 и S_2, которые подключены последовательно к цепям возбуждения A_2 и B_2, а также к двигателю M_3. Конденсатор C, как и в предыдущих случаях, служит для обеспечения разницы в фазах у токов, проходящих через цепи двигателя. Так как подобные фазовые двигатели известны достаточно широко, то на иллюстрации они изображены

схематически. Поскольку не было отмечено каких-либо трудностей в работе электродвигателей, функционирующих таким, или подобным образом, и, несмотря на то, что на сегодняшний день такие эксперименты представляют только научный интерес, возможно, что в самом недалеком будущем мы увидим их в практическом применении.

Полагаю, что были бы уместны некоторые замечания в отношении всех устройств, функционирующих при помощи только одного провода. Совершенно очевидно, что в устройствах, работающих от тока высокой частоты — по меньшей мере тогда, когда присутствует электродвижущая сила большой мощности — использование заземления куда более предпочтительнее обратного провода.

Использование заземление при слабом токе, или при токе низкой частоты не рекомендуется потому, что эти факторы вызывают химические реакции разрушающего действия на самом заземлении, а также негативно влияют на работу электрических цепей. Однако при токе высокой частоты, эти негативные проявления практически отсутствуют. Даже если рассматривать заземление как ненужный элемент в ситуации, когда имеется электродвижущая сила большой мощности, в скором времени будут созданы условия, при которых передача электрического тока чрез открытое соединение окажется более экономичной, нежели через закрытое. Человеку, мало знакомому с результатами подобных экспериментов, может показаться, что промышленное применение такого способа передачи электрической энергии, то есть с использованием только одного провода — дело далекого будущего, однако, оно не покажется таковым для тех, кто потратил некоторое время на изучение природы этих явлений. В самом деле, я не вижу причин, которые могли бы помешать осуществлению такого плана. Также было бы неверным полагать, что для претворения в жизнь такого плана, обязательно требуется очень высокая частота. Напряжения в 30 000 вольт вполне достаточно для того, чтобы передавать электрический ток низкой частоты по одному проводу. Результаты экспериментов, проведенных мной, позволяют делать такие заключения.

Как показали лабораторные опыты, можно легко управлять током очень высокой частоты способом, представленным на Рис.17. Там показаны две обмотки: P и P_1, каждая из которых одним своим выходом соединена с контуром L, а другим с конденсаторными пластинами C и C_1 соответственно. Рядом с ними расположены другие конденсаторные пластины C_1 и C_1. Первая из них соединена с контуром L, а вторая с большой изолированной пластиной P_2. Поверх первичных обмоток намотаны вторичные S и S_1, изготовленные из толстой проволоки, и которые подсоединены к устройствам d и l соответственно. При изменении расстояния между конденсаторными пластинами C и C_1, а также C и C_1, изменяется сила тока, проходящего по вторичным обмоткам S и S. При этом наблюдается необычная особенность — очень высокая чувствительность: даже очень небольшое изменение расстояния между пластинами вызывает весьма значительное изменение силы тока. А в условиях резонанса, чувствительность и вовсе огромна, то есть в условиях, когда частота тока равна частоте в первичной обмотке, отсутствует пластина на свободном конце, а вторичная обмотка замкнута. Например: я создал такие условия, когда при подходе человека к катушке, довольно значительно менялась яркость лампы, подключенной ко вторичной обмотке. Разумеется, такие эксперименты сегодня вызывают только научный интерес, однако в скором времени они могут приобрести и практическое значение.

Использование тока очень высокой частоты в электродвигателях невозможно, по причине необходимости использования железных сердечников. Но можно использовать резкие разряды тока низкой частоты, и таким образом получить определенные преимущества, присущие токам высокой частоты, при этом без того, чтобы железный сердечник стал совсем неспособен следовать изменениям, и вызывая тем очень большой потери энергии на сердечнике. Мой опыт показал, что вполне возможно приводить в движение двигатели переменного тока при помощи таких пробивных низкочастотных разрядов конденсаторов. Двигатели определенного класса, с которыми мне довелось работать несколько лет назад, у которых были замкнутые вторичные цепи, при прохождении разряда через катушки возбуждения, вращались весьма энергично.

Одна из причин, почему эти двигатели работали столь хорошо, состоит в том, что разность фаз между токами первичной и вторичной обмоток составляла 90 градусов, что в целом не обеспечивало равномерных взлетов и падений тока низкой частоты. Возможно, будет небезынтересно продемонстрировать эксперимент с одним двигателем такого класса, поскольку бытует мнение, что пробивные разряды не подходят для этих целей. Такой электродвигатель изображен на Рис. 18. Он включает в себя довольно большой железный сердечник *i* с пазами в верхней части, в которые впрессованы медные шайбы *C C*. В непосредственной близости от сердечника находится свободно передвигаемый диск *D*. Сердечник оснащен первичной катушкой возбуждения C_1, выходы *a* и *b* которой подключены к клеммам вторичной обмотки *S* обычного трансформатора. Первичная обмотка *P* трансформатора подключена к распределительной сети переменного тока, или к генератору *G* тока низкой, или средней частоты. Клеммы вторичной обмотки *S* подключены к конденсатору *C*, разряды которого проходят через воздушный зазор *d d*, и который может быть подключен последовательно, или параллельно к катушке C_1. Если все параметры соблюдены правильно, то диск *D* вращается с заметным усилием, а железный сердечник *i* не подвергается ощутимому нагреву.

А при использовании переменного тока, вырабатываемым высокочастотным альтернатором, наоборот, металлический сердечник быстро нагревается, а диск вращается со значительно меньшим усилием. Для того, чтобы провести эксперимент должным образом, следует в первую очередь удостовериться, что диск *D* находится в состоянии покоя, когда в воздушном зазоре *d d* нет разрядов. Рекомендуется использовать железный стержень больших размеров, а конденсатор большой емкости для того, чтобы свести к минимуму наложение колебаний, а то и полностью свести их на нет. Изучая эти совершенно элементарные действия, я обнаружил, что вполне возможно такими пробивными разрядами приводить в действие электродвигатели постоянного тока, соединенные последовательно, либо параллельно. Причем, делать это можно как используя, так и не используя обратный провод.

ЯВЛЕНИЕ ИМПЕДАНСА

Среди множества феноменов, наблюдаемых у электрического тока, возможно, наиболее интересным является импеданс проводников к токам с очень высокой частотой колебаний. В своем первом выступлении перед аудиторией Американского Института Инженеров-Электриков я описал несколько поразительных наблюдений. В частности я продемонстрировал, что при прохождении такого тока, или неожиданных разрядов через толстый металлический брусок, на бруске могут быть точки, отстоящие друг от друга всего на несколько дюймов, разность потенциалов между которыми оказывается достаточной для того, чтобы поддерживать яркое свечение обычной лампы накаливания. Я также объяснил необычное поведение разреженного газа, окружающего проводник, возникающее вследствие таких неожиданных всплесков тока. С тех пор эти явления были изучены более тщательно, а пара новых экспериментов оказались настолько интересны, что заслуживают того, чтобы на них подробно остановились.

На Рис. 19а, изображена схема, где *B* и B_1 очень толстые медные стержни, соответственно соединенные своими нижними концами с пластинами *C* и C_1 конденсатора. Противоположные пластины конденсатора подключены к клеммам вторичной обмотки высоковольтного трансформатора. На первичную обмотку трансформатора подается переменный ток от обычной низкочастотной динамо-машины, либо от распределительной сети. Как обычно, конденсатор разряжается через воздушный зазор *d d*. Оказалось, что при наличии частых колебаний, довольно легко можно проделать следующий, весьма любопытный эксперимент. Стержни *B* и B_1 соединены по верху лампой низкого напряжения l_3; чуть ниже, с помощью крепежей *C C* размещена 50-вольтовая лампа l_2; еще ниже расположена другая 100-вольтовая лампа l_1; и наконец, на строго определенном расстоянии от последней лампы — вакуумная трубка *T*. Осторожно перемещая эти устройства по стержням, вполне возможно добиться того, чтобы каждое из них светилось в соответствии с определенной ей мощностью, несмотря на то, что все

они соединены параллельно между двумя толстыми медными стержнями и требуют для работы совершенно различное напряжение. Разумеется, этот эксперимент требует определенного времени на подготовку, но его очень легко осуществить.

На Рис. 19b и 19c представлены схемы двух других экспериментов, которые в отличие от предыдущего, не требуют точной регулировки. На Рис. 19b две лампы, 100-вольтовая l_1 и 50-вольтовая l_2, расположены определенны образом: 100-вольтовая лампа находится ниже 50-вольтовой. Когда между точками d d проскакивает дуга и скачкообразные разряды проходят через стержни B и B_1, то, как правило, 50-вольтовая лампа излучает яркий свет, по крайней мере такого результата можно добиться без особого труда, тогда как 100-вольтовая лампа едва светится, или вообще остается темной, Рис. 19b. Но если стержни B и B_1 соединить толстым поперечным стержнем B_2, то легко можно добиться того, чтобы 100-вольтовая лампа работала на полную мощность, а 50-вольтовая оставалась темной, Рис. 19c. Как я уже отмечал ранее, данные результаты не следует объяснять только частотой, это в большей мере относится к периоду времени, в течение которого и происходят изменения, который может быть очень большим, особенно при низкой частоте тока. Имеется еще множество различных результатов, которые представляют не меньший интерес, особенно для тех, кто в своей практике использует только ток слабой силы. Возможно, здесь они найдут ключ к разгадке тайны природы электрического тока.

В предыдущих экспериментах я уже имел возможность продемонстрировать некоторые явления, и, возможно, было бы целесообразно изучить их более детально. Однако для того, чтобы придать данному исследованию более законченный вид, я думаю, что необходимо в

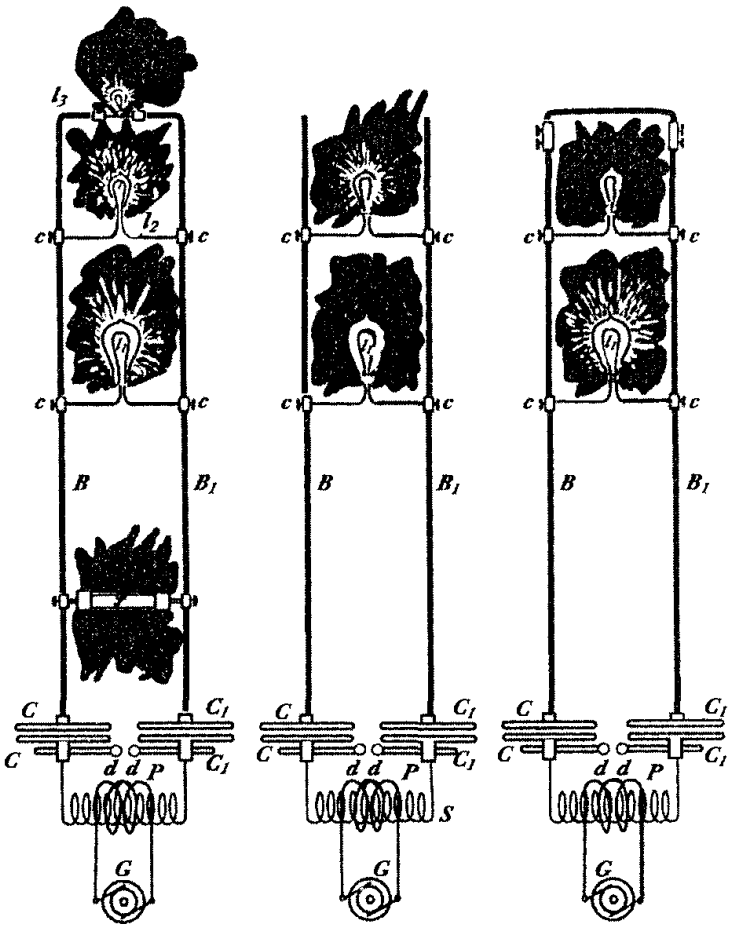


Рис. 19a., 19b и 19c

первую очередь сделать несколько замечаний в отношении электрического резонанса, который наблюдался при проведении всех этих экспериментов.

ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РЕЗОНАНСЕ

Эффект резонанса все чаще и чаще упоминается инженерами, и приобретает все большую важность при практическом использовании всех типов аппаратов, работающих от переменного тока. Поэтому в отношении этих эффектов следует привести несколько общих замечаний. Общеизвестно, что при успешном применении эффекта резонанса в практической работе устройств, отпадает необходимость в использовании обратного провода, поскольку электрические колебания могут передаваться по одному проводу, а иногда даже лучше, чем с использованием двух проводов. Первый вопрос, на который следует дать ответ, звучит так: "Можно ли целенаправленно создавать чистые резонансные эффекты?" И теоретические расчеты и экспериментальная практика показывают, что в Природе подобное невозможно. Это связано с тем, что при увеличении интенсивности колебаний, быстро возрастает негативное воздействие на тело, где происходят колебания, а также на окружающую его среду. Поэтому необходимо контролировать колебания, в противном случае они могут возрастать до бесконечности. Пожалуй, что невозможность создания чистого резонанса, является очень удачным обстоятельством. В противном случае, трудно даже предположить, какими опасностями может грозить даже самый невинный эксперимент. Но вполне возможно произвести резонанс определенного уровня. Величина данного эффекта ограничивается недостаточной проводимостью и эластичностью среды, или фрикционными потерями в целом.

Чем меньше потери, тем значительнее эффект. То же самое относится и к механическим колебаниям. Можно вызвать колебания в толстом стальном стержне при помощи водяных капель, падающих на него с определенными интервалами. В стеклянной среде, которая более эластична, эффект резонанса проявляется еще сильнее. Можно сделать так, чтобы стеклянный бокал разлетелся вдребезги, если направить в него звук определенного тона. Электрический резонанс достигается более совершенным способом. Чем меньше сопротивление, или импеданс, токопроводящего пути, тем выше диэлектрик. Если лейденская банка разряжается через короткий витой кабель, изготовленный из тонкой проволоки, то это означает, что для достижения резонансного эффекта, возможно, созданы самые лучшие условия, и поэтому он проявляется наиболее отчетливо. Это не относится к динамо-машинам, трансформаторам и их цепям, а также к другим аппаратам промышленного изготовления, где наличие железных сердечников сильно препятствует возникновению резонанса, и даже делает его невозможным. Что касается Лейденских банок, при помощи которых часто демонстрируется эффект резонанса, я бы хотел сказать, что наблюдаемые эффекты часто всего лишь приписываются, и редко когда возникают действительно в результате резонанса. Здесь очень легко допустить ошибку в выводах. Это можно продемонстрировать при помощи нижеследующего эксперимента. Возьмем, к примеру, две большие изолированные пластины, или сферы, которые обозначим как *A* и *B*. Поместим их на определенном небольшом расстоянии друг от друга, затем зарядим их при помощи фрикционного, или электрофорного генератора до потенциалов такой величины, чтобы даже при небольшом увеличении разницы потенциалов, происходил пробой воздуха, или изолирующего пространства между ними. Этого легко добиться, если предварительно немного потренироваться. Теперь возьмем другую пластину, имеющую изолированную рукоятку, и соединенную при помощи провода с одной из клемм вторичной обмотки высокого напряжения индукционной катушки, которая запитывается от генератора переменного тока, желательно высокочастотного. Если эту пластину поднести к одному из заряженных тел *A*, или *B*, то между ними будут происходить разряды. Но для этого необходимо, по меньшей мере, чтобы потенциал катушки, соединенной с пластиной, был достаточно высок. Объяснение этому кроется в том, что пластина индуктивно воздействует на тела *A* и *B*, и вызывает искровой разряд между ними. При возникновении искры, заряды, которые до этого нагнетались на тела элекрофорным генератором, неизбежно теряются, поскольку тела вошли в электрический контакт через образовавшуюся дугу. Эта дуга образуется вне зависимости того, есть резонанс, или нет. Но даже если искра не образуется, то при приближении пластины возникает переменная электродвижущая сила между телами. Таким образом, приближение пластины, своим индуктивным воздействием, по мень-

шей мере, способствует возникновению пробоя воздушной прослойки. С тем же успехом, вместо сфер, или пластин *A* и *B* мы можем использовать покрытия Лейденской банки, а вместо генератора — предпочтительно генератора переменного тока высокой частоты, потому что он лучше всего подходит для этого эксперимента, и особенно для его аргументации — мы можем использовать другую Лейденскую банку, или набор банок. Во время разряда Лейденских банок через цепь с низким сопротивлением, через нее проходит ток очень высокой частоты. Теперь пластину можно подключить к одному из покрытий второй банки. И если ее поднести к первой банке, предварительно зарядив ее от электрофорного генератора до высокого потенциала, то мы получим тот же результат, что и в первом случае, а первая банка разрядится через небольшую воздушную прослойку над разряженной второй банкой. Но обе банки и их цепи нужно настроить так, чтобы они отличались друг от друга как низкий бас от комариного писка. А так как маленькие искры будут проскакивать сквозь прослойку воздуха, то последний будет, по меньшей мере, в значительной степени напряжен, вследствие переменной электродвижущей силы, образовавшейся в результате индукции, которая возникает при разрядке одной из банок. И опять была допущена такая же ошибка. Если цепи двух банок соединены параллельно и замыкают друг друга, и если во время эксперимента банки разряжались одна за другой, а к цепи, над которой эксперимент прошел неудачно, была подключена катушка с проволокой, то вывод, что эксперимент не удался вследствие неточной настройки цепей, далек от истины.

Для двух цепей, выступающих в роли пластин конденсатора, добавление катушки к одной из них равнозначно установке перемычки между ними в виде конденсатора малой емкости в месте размещения катушки. В результате уменьшится переменная электродвижущая сила в области воздушной прослойки, что может привести к прекращению искрообразования в этой области. Все эти замечания, как и множество других, которые можно было бы добавить к имеющимся, но которые опускаются из-за опасения отвлечь внимание аудитории от основного предмета обсуждения, адресованы неопытным студентам, у которых может сложиться неоправданно высокое мнение о собственном опыте, полученном в результате наблюдений за успешными экспериментами. Данные замечания не следует рассматривать опытным исследователям как новые научные достижения.

Для того, чтобы получать надежные данные наблюдения за эффектами электрического резонанса, весьма желательно, а то и необходимо, использовать альтернатор, вырабатывающий ток, всплески и падения которого гармоничны, поскольку при работе с током, колебания которого прерывисты, полученные данные не всегда заслуживают доверия, так как многие явления, которые зависят от периода колебаний, могут быть воспроизведены на самых разных частотах. Но, даже проводя исследования с использованием надлежащего альтернатора, ученые могут допускать ошибки. При подключении электрической цепи к альтернатору возникает множество величин, относящихся к емкости и самоиндукции, которые вместе могут удовлетворять условиям резонанса. Так в механике существует несметное количество камертонов, которые относятся к звукам определенной высоты, а также сжатых пружин, имеющих строго определенный период колебаний. Но наилучший эффект резонанса может быть получен при условии, что движение распространяется в условиях наибольшей свободы. В настоящее время в механике, при изучении распространения колебаний в обычных условиях, то есть в воздухе, сравнительно мало значения придается тому, насколько один камертон больше другого, поскольку потери в воздушной среде не столь значительны. Разумеется, можно поместить камертон в сосуд с разреженным газом, тем самым уменьшить сопротивление воздуха до минимума и добиться лучшего резонансного действия. Разница будет не столь велика. Однако, если поместить камертон в ртуть, то разница будет огромной. В электрических колебаниях огромное значение придается созданию условий для наиболее свободного распространения колебаний. Величина резонансного эффекта зависит, при прочих равных условиях, от количества электричества, задействованного в движении, или, иначе, от силы тока, текущего через цепь. Но цепь противодействует прохождению тока своим импедансом, и поэтому, для того, чтобы получить наилучший результат, необходимо снизить импеданс до минимума. Преодолеть сопротивление полностью невозможно, но можно частично, потому что преодолеть омическое сопротивление

преодолеть нельзя. Когда частота импульсов очень высока, то движение тока обуславливается практически только самоиндукцией. Сейчас преодолеть самоиндукцию можно, если объединить ее с емкостью. Если отношения между емкостью и самоиндукцией установить таким образом, чтобы на используемой ими частоте они взаимно аннулировали друг друга, то есть чтобы установились значения, удовлетворяющие условиям возникновения резонанса, и пропустить большое количество электричества через внешнюю цепь, то будет достигнут наилучший результат. Подключить конденсатор последовательно к катушке самоиндукции не составляет труда. Совершенно очевидно, что в таких комбинациях, применительно к определенной частоте и только в отношении основных колебаний, условия для получения наилучшего результата, достигаются, когда конденсатор подключен параллельно к катушке самоиндукции, причем значительно более лучшие, нежели при последовательном соединении. На практике их можно комбинировать. Для проведения эксперимента при параллельном подключении конденсатора к катушке, можно взять катушку с малой самоиндукцией и конденсатор большой емкости, либо конденсатор малой емкости и катушку с большой самоиндукцией. Последний вариант предпочтительнее, поскольку довольно неудобно настраивать большую емкость маленькими шагами. При использовании катушки с очень большой самоиндукцией, предельная емкость конденсатора снижается до очень малой величины, а емкость самой катушки может оказаться значительной. Совсем несложно, а тем более зная некоторые хитрости, изготовить катушку, сопротивление которой снижено до величины омического сопротивления. Известно также, что для любой катушки можно подобрать частоту, при которой она пропускает максимальное количество тока. Результаты наблюдений за взаимоотношениями между самоиндукцией, емкостью и частотой приобретают большое значение применительно к устройствам, работающим от переменного тока, таких как трансформаторы и электродвигатели потому, что если правильно подобрать элементы, можно избежать необходимости использования дорогостоящего конденсатора. Потому и невозможно пропустить через катушки электродвигателя переменного тока при нор-

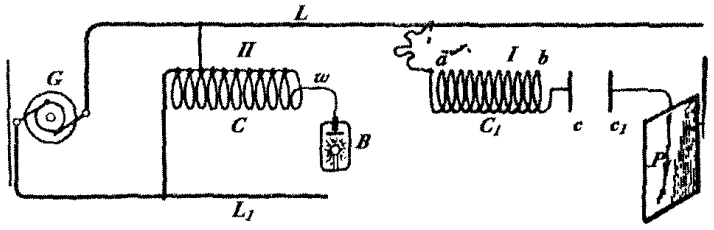


Рис. 20.

мальных рабочих условиях необходимое количество тока со слабой электродвижущей силой, и полностью избавиться от паразитного тока. И чем больше электродвигатель, тем легче осуществить этот план, однако, для этого необходимо задействовать ток очень высокого напряжения и высокой частоты.

На Рис. 20 I представлен план, которому следовали при изучении резонансных эффектов с использованием высокочастотного генератора переменного тока, где C_1 — катушка, состоящая из большого количества витков, которая для удобства настройки разделена на множество небольших секций. Окончательная настройка иногда проводилась при помощи нескольких тонких железных проводов (хотя это и не рекомендуется), либо при помощи вторичной обмотки. Катушка C_1 одним своим выходом соединена с контуром "L", идущим от генератора G, а другим выходом с одной из пластин C конденсатора $C C_1$. Пластина C_1 конденсатора подключена к значительно большей по размерам пластине P_1. Таким образом, параметры емкости и самоиндукции оказались настроены на частоту динамо-машины.

Что касается возрастания потенциала при резонансе, то, разумеется, теоретически он может вырасти до любого значения, поскольку это зависит от самоиндукции и сопротивления. Но на практике величина потенциала ограничивается параметрами самоиндукции и

сопротивления, а также другими обстоятельствами. Можно начать, скажем, с 1,000 вольт и увеличить величину электродвижущей силы в 50 раз, но невозможно начать со 100,000 вольт и увеличить ее в 10 раз потому, что потери в среде очень велики, особенно при высокой частоте. Вполне реально начинать эксперимент, например, с двух вольт, получаемых от цепи высокой, или низкой частоты, либо от динамо-машины и увеличить величину электродвижущей силы в несколько сот раз. Таким образом, катушки соответствующих размеров могут быть подключены к сетевой розетке динамо-машины со слабой электродвижущей силой только одним своим выходом. Однако, даже если цепь машины не замкнута, в обычном значении этого термина, то при возникновении соответствующего резонансного эффекта динамо-машина может сгореть. Мне не удавалось добиться самому, как и наблюдать, что кто-то сумел получать такую величину потенциала от тока, вырабатываемого динамо-машиной. Но вполне возможно, и совсем не кажется невероятным, что если использовать ток от аппарата, содержащего железо, то негативное влияние железа может стать причиной, по которой эти теоретические возможности окажутся нереализуемыми. И если это так, то я могу объяснить сие исключительно гистерезисом, а также потерями от токов Фуко в сердечнике. В общем, если электродвижущая сила слаба, то ее нужно усиливать. Обычно это делается при помощи индукционной катушки обычной формы, но в некоторых случаях можно использовать устройство, изображенное на Рис. II. В этом случае, катушка C состоит из большого числа секций, часть из которых используются в качестве первичной обмотки. Таким образом, и первичная и вторичная обмотки становятся регулируемыми. Один выход этой катушки подключен к контуру L_1, а другой контур L соединен с промежуточной частью катушки. Такая катушка с регулируемыми первичной и вторичной обмотками, также может оказаться удобной для проведения экспериментов с пробивными электрическими разрядами.

Я бы хотел сказать несколько слов в отношении предмета, который в контексте резонансных явлений и проблемы передачи энергии по одному проводу, занимает все мои мысли, и который касается всеобщего благосостояния. Я имею в виду передачу четких сигналов, а возможно даже энергии, на любое расстояние без использования проводов. На днях я пришел еще к большему убеждению, что подобная схема реализуема. Я отдаю себе отчет в том, что большинство ученых не поверят в возможность достижения этих результатов на практике и немедленно, однако, как мне думается, все понимают, что разработки последних лет нескольких специалистов заслуживают более пристального внимания, и проведения экспериментов в этом направлении. Моя убежденность возросла до такой степени, что я уже больше не рассматриваю этот проект по передаче энергии, или информации как исключительно теоретическую возможность. Мне она представляется как серьезная электротехническая задача, которой необходимо посвятить хотя бы несколько дней. Идея передачи информации без использования проводов возникла как естественное продолжение самых последних результатов исследований электрической энергии. Несколько энтузиастов выразили убежденность, что вполне возможно создать телефонию по воздуху на любое расстояние при помощи индукции. Моя фантазия не зашла так далеко, но я твердо убежден, что при помощи мощных машин можно нарушать электростатические условия земли и таким образом передавать информацию и возможно даже энергию. В самом деле, что мешает практическому выполнению данной схемы? Сейчас мы уже знаем, что электрические колебания можно передавать посредством одного провода. Тогда почему бы не попробовать использовать для этих целей землю? Мы не должны пугаться фактора расстояния. Для утомленного путника, считающего верстовые столбы, земля может показаться очень большой. Однако для самого счастливого человека — астронома, устремляющего свой пристальный взгляд в небеса, по сравнению с теми масштабами, земля кажется совсем маленькой. И я думаю, что для электрика, когда он задумывается над тем, с какой скоростью распространяются электрические колебания по земле, все представления о расстоянии пропадают напрочь.

Самое главное, что в первую очередь нужно узнать — это емкость земли, и каков ее электрический заряд, если ее наэлектризовать? Поскольку мы не располагаем доказательствами того, что в космосе не существуют тела, имеющие определенный электрический заряд, а также

другие тела с противоположным зарядом, находящиеся недалеко от первых, то существует слабая вероятность того, что земля представляет собой именно такое тело, которое в результате какого-то процесса отделилось от остальных — это общепризнанная гипотеза происхождения земли. А если это так, то она должна нести в себе определенный электрический заряд, как происходит при механическом разделении тел. Если она является заряженным телом, изолированным в пространстве, то тогда ее емкость должна быть очень маленькой, менее одной тысячной фарады. Однако верхний слой атмосферы является токопроводящим. Следовательно, возможно, что открытом космосе, за границами атмосферы есть среда, которая имеет противоположный заряд. В этом случае емкость земли может оказаться несоизмеримо больше. В любом случае, очень важно узнать, какое количество электричества содержит земля. Трудно сказать, обретем ли мы когда-нибудь столь необходимые знания? Но если и сможем, то только при помощи электрического резонанса. Если мы когда-нибудь сможем установить период зарядки земли, период возбуждения колебаний по отношению к противоположно заряженной системе, или известной цепи, мы обретем знания, которые, возможно, будет иметь наибольшую значимость для благосостояния человечества. Я предлагаю постараться определить этот период при помощи электрического осциллятора, либо при помощи источника переменного электрического тока. Одна из клемм источника должна быть подключена к земле, например, к городской системе водоснабжения, а другая — к изолированному телу с большой поверхностью. Возможно, что внешний токопроводящий слой атмосферы, или открытый космос имеют противоположный земле заряд, тогда они с землей образуют конденсатор огромной емкости. В этом случае период колебаний может оказаться очень низким, тогда динамо-машина переменного тока вполне может подойти для целей эксперимента. Затем, я бы преобразовал электрический ток в максимально возможный потенциал и подсоединил бы выходы вторичной обмотки высокого напряжения к земле и к изолированному телу. Изменяя частоту тока и тщательно фиксируя величину потенциала изолированного тела, а также наблюдая за возбуждениями на различных соседних точках земной поверхности, можно заметить явление резонанса.

Если период колебаний окажется слишком маленьким, как по всей вероятности полагают большинство ученых, то динамо-машина будет бесполезна, и придется изготовить надлежащий электрический осциллятор. Но, возможно, и в этом случае окажется невозможным получить столь быстрые колебания. Однако вне зависимости от того, возможно, это, или нет, содержит земля заряд, или нет, и каков может быть период колебаний — не подлежит ни малейшему сомнению тот факт, и мы днями имели тому доказательство, что можно вырабатывать электрическое возбуждение достаточно мощное, чтобы его можно было принимать при помощи удобных инструментов в любой точке земной поверхности.



Рис. 21.

Предположим, что источник переменного тока подключен так, как показано на Рис. 21: одной своей клеммой к земле (удобней всего к магистралям водоснабжения), а другой к телу с большой поверхностью P. При возникновении электрических колебаний, произойдет движение электрического тока в направлении тела P и от него. Переменный ток, проходя по земле, будет сосредоточиваться в, и рассредоточиваться от точки C — точки, где установлено соединение с землей. Таким образом, произойдет возбуждение в соседних точках на земной поверхности, расположенных в определенном радиусе. Но сила возбуждения уменьшается с увеличением расстояния. Следовательно, расстояние, на котором данный эффект можно будет воспринимать, будет зависеть от количества электричества, находящегося в движении. Одним из ограничений величины

потенциала тела P является площадь его поверхности, поэтому они изолировано, а для того, чтобы зарядить его, необходим источник энергии большой мощности. Необходимо также создать условия, при которых генератор или источник S создавал бы одно и то же движение электричества, как если бы его цепь была замкнута. Таким образом, при наличии соответствующего оборудования, определенно вполне реально передавать Земле электрические колебания по крайней мере, при малом периоде. Остается только догадываться, на каком удалении от источника эти колебания можно принимать. Я бы хотел поведать вам еще об одном соображении, непосредственно касающегося вопроса об отношении земли к электрическому возбуждению. Несомненно, что в данном эксперименте, на поверхности земли может иметь место определенная плотность электричества, но очень-очень маленькая, в силу размеров земли. Это доказывается тем, что атмосферный воздух не является сильным дестабилизирующим фактором, то есть при распространении электрических колебаний по воздуху не происходят больших потерь энергии, что могло бы иметь место в случае, если бы плотность электричества на поверхности земли была бы большой. Теоретически, для того, чтобы создать возбуждение, которое можно было бы принимать на большом расстоянии от источника, или даже в любой точке земной поверхности, не требуется большого количества энергии. Сегодня уже совершенно ясно, что в любой точке, находящейся в рамках определенного радиуса удаления от источника S, при помощи резонанса можно привести в действие устройство с надлежащим образом подобранными параметрами самоиндукции и емкости. Но можно сделать не только это. Можно синхронизовать работу источника S с работой другого источника S_1, подобного первому, или любого количества таких источников. Это даст возможность усиливать колебания и распространять их по большой территории, либо осуществлять транспортировку электрической энергии, произведенной источником S_1, к источнику S при условии, что они работают в противофазе. Я думаю, что нет сомнений в том, что при помощи резонанса, вполне возможно в городских условиях приводить в действие электрические устройства от электрического осциллятора, находящегося в центральной точке, через систему трубопроводов, или по земле. Однако практическое решение этой проблемы принесло бы несоизмеримо меньше благ людям, нежели претворение в жизнь программы, позволяющей передавать информацию, а, возможно, и энергию, через землю, или окружающую среду. Рис 21. Если это в целом возможно, то расстояние уже не имеет никакого значения. В первую очередь необходимо изготовить соответствующие устройства, при помощи которых мы начнем наше наступление на эту проблему. Я посвятил немало времени и умственного напряжения данной теме, и полностью убежден, что это можно осуществить. Я также надеюсь, что мы доживем до того момента, когда это будет реализовано.

О СВЕТОВЫХ ЯВЛЕНИЯХ, ВЫЗЫВАЕМЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ТОКОМ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ, И ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ЭТОМУ ВОПРОСУ

Возвращаясь к световым эффектам, которые были основным предметом исследования, было бы правильным разделить все эффекты на четыре класса: 1. Нагрев твердого тела до белого каления. 2. Свечение. 3. Накал, или фосфоресценция разреженного газа. 4. Яркий свет в газовой среде при обычном давлении. Первый вопрос: "Чем вызваны эти световые эффекты?". Для того, чтобы дать исчерпывающий ответ на этот вопрос в свете принятых концепций, с учетом имеющегося опыта, и для того, чтобы вызвать дополнительный интерес к этой показательной лекции, мне необходимо подробно остановиться на одной особенности, которая мне представляется очень важной, поскольку она обещает, помимо всего прочего, пролить больше света на природу большинства явлений, вызываемых электрическим током высокой частоты. Как я уже отмечал, очень важно, чтобы проводник, через который проходит переменный ток высокой частоты, находился в атмосфере разреженного газа, либо в атомической среде в целом, поскольку это влияет на нагревание проводника током. Мои эксперименты, описанные некоторое время тому назад, показали, что чем больше частота и разность потенциалов, тем большее значение

приобретает разреженный газ, в который погружен проводник, как фактор, влияющий на нагрев. Однако разность потенциалов, что я также уже отмечал, является более важным элементом, нежели частота. Если и разность потенциалов, и частота достаточно высоки, то благодаря наличию разреженного газа можно добиться почти полного нагревания. В предстоящих экспериментах будет продемонстрировано, как влияет разреженный газ, или в общем смысле, газ при обычном давлении и при других показателях давления, на накал, или на другие световые эффекты, вызванные подобного рода током.

Я взял две обычные 50-вольтовые лампы в 16 свечей с одинаковыми показателями по всем параметрам. Их отличие состояло в том, что у одной из них была открыта верхняя часть, так что воздух заполнил колбу лампы, а другая оставалась в своем промышленном исполнении и сохранила соответствующую степень разряженности воздуха внутри колбы. Когда я подсоединил лампу с разряженным воздухом к клеммам вторичной обмотки катушки, которую я уже использовал, как, например, в экспериментах, изображенных на Рис. 15a, и включил ток, то нить накала, как Вы уже видели раньше, раскалилась добела. Когда я, вместо предыдущей, подключил вторую лампу, заполненную обычным воздухом, то нить накала также стала излучать свечение, но значительно менее яркое. Этот эксперимент лишь частично подтверждает истинность утверждений, которые я изложил выше. Здесь отчетливо продемонстрирована важность наличия вокруг нити накала разреженного воздуха, но не настолько, насколько хотелось бы. Дело в том,

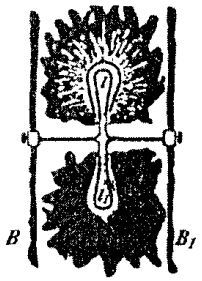


Рис. 22a.

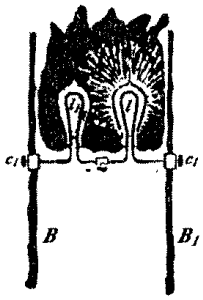


Рис. 22b.

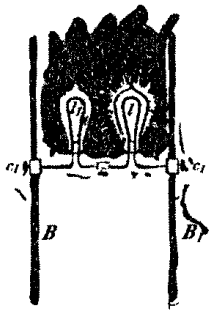


Рис. 22c.

что вторичная обмотка катушки, состоящая всего лишь из 150 витков, предназначена для выработки низкого напряжения, и, следовательно, разность потенциалов на клеммах лампы была низкой. Если бы я воспользовался другой катушкой, с большим количеством витков на вторичной обмотке, то эффект был бы более заметным, так как, как уже отмечалось ранее, он частично зависит от разности потенциалов. Но так как эффект подобный этому зависит также от частоты, было бы справедливым утверждение, что он зависит от периода времени, в пределах которого происходит изменение разности потенциалов. Чем больше изменение, тем более важное значение приобретает газ как элемент нагрева. Я могу добиться более высокой частоты изменений другим способом, которым, можно развеять любые возражения, которые могли бы возникнуть в отношении только что показанного эксперимента, даже если обе лампы соединены последовательно, или множество ламп подключено к катушке. Но при этом последствия реакций, возникающих между первичной и вторичной катушками, не столь очевидны. Этого результата я добился заряжая блок конденсаторов через обычный трансформатор, который работал от источника переменного тока, а затем разряжая конденсаторы напрямую через цепь с малой самоиндукцией. Схема соединения показана на Рис. 19a, 19b и 19c.

На Рис. 22a, 22b и 22c тяжелые медные бруски $B\ B_1$ соединены с противоположными слоями блока конденсаторов, или, в общем, таким образом, чтобы через них проходил бы ток высокой частоты, или неожиданный разряд.

Я подключил обычную 50-вольтовую лампу накаливания к брускам при помощи крепежей $C\ C$. Во время прохождения разрядов через лампу, нить накаливания оставалась раскаленной, несмотря на то, что ток, проходящий через нее, был очень мал, и его вряд ли было бы достаточ-

но для производства видимого эффекта в условиях обычного использования лампы. Вместо не в данном эксперименте я подключил к брускам другую лампу, точно такую же, как и перва только с нарушенной изоляцией, в результате чего она оказалась заполненной воздухом пр обычном давлении. В этом случае, когда разряды проходят через нить накаливания, она не рас каляется. Но этот результат можно было бы приписать одной из множества возможных реак ций. Поэтому я расположил лампы параллельно, так, как это показано на Рис 22a. Пр прохождении разрядов через обе лампы, нить накала лампы L, с колбой содержащей разрежен ный газ, сияет ярким светом, тогда как вторая лампа, в колбе которой воздух под обычным дав лением, остается темной, как и раньше. Однако было бы ошибочным полагать, что последня лампа потребляет меньшую часть энергии, подаваемую на обе лампы. Наоборот, она может по треблять весьма значительную часть энергии и может быть даже горячее той, что светит ярко В этом эксперименте разность потенциалов на клеммах ламп изменяется, по теоретическим рас четам, от трех до четырех миллионов раз в секунду. Когда концы нитей накаливания наэлект ризованы соответствующим образом, и газ в колбах приходит в неистовое движение, то значительная часть подаваемой электрической энергии преобразуется в тепловую энергию. В лампе с обычным давлением воздуха находится в несколько миллионов раз больше молекул воз духа, нежели в лампе с разряженным воздухом. Бомбардировка молекулами воздуха, которая наиболее интенсивна на концах нити накаливания, на шейке лампы, потребляет значительную часть энергии не производя при этом видимого эффекта. Дело в том, что чем больше молекул, тем эффективнее бомбардировка, но эффективность каждой отдельной молекулы очень низка в силу того, что находясь в тесном окружении себе подобных они не могут развить большую ско рость. В лампе с разреженным газом, напротив, скорости очень высоки, а соответственно и эф фективность отдельных молекул, что и обуславливает производство видимого эффекта, несмотря на то, что конвекция тепла в первой лампе больше. Сила тока, протекающего через обе лампы очень мала — несоизмеримо меньше той, которая им потребовалась бы для работы в обычной низкочастотной цепи. Однако разность потенциалов на концах нити накала очень высока и может достигать 20,000 вольт и более, если нить имеет прямую форму, а ее концы расположены достаточно далеко друг от друга. В обычной лампе, в большинстве случаев, ис кра между концами нити накаливания, или между платиновыми проводами вне ее, возникает при значительно меньшей разнице потенциалов.

Можно было бы возразить, что в этом эксперименте при параллельном соединении ламп, лампа с разряженным воздухом может отбирать большую часть электрической энергии, и в этом случае наблюдаемый эффект не мог бы быть безусловно ассоциирован с действием газа в лампах. Подобные сомнения развеялись, если бы я подсоединил лампы последовательно — результат был бы тот же. После того как все подключения выполнены и разряды пошли через нити накала ламп, вновь отмечается, что нить накала лампы L_1, с обычным давлением газа, остается темной, тогда как лампа L, с разреженным газом светит даже ярче, чем при нормальных для нее условиях работы, см. Рис. 22b. Если следовать общим представлениям, то сила тока, проходящего через нити накаливания обеих ламп, должна быть одинаковой, поскольку присутствие газа вокруг нитей накаливания не влияет на него.

А сейчас я бы хотел заострить Ваше внимание еще на одном интересном свойстве, наглядно демонстрирующем эффект, зависящий от частоты изменения потенциала электрического тока. Возьмем две лампы, последовательно соединенные между собой, и подключим их к брускам B B_1 так же, как и в предыдущем эксперименте, Рис 22b, но при этом значительно уменьшим частоту тока, которая ранее была очень высокой. Это можно сделать при помощи катушки самоиндукции, добавив ее в цепь, по которой проходят разряды, либо путем увеличения емкости конденсаторов. Пустив низкочастотные разряды конденсаторов через лампы, мы обнаруживаем, что лампа с разреженным воздухом L светит столь же ярко, как и в предыдущем эксперименте, а нить накала лампы с обычным воздухом L_1 также нагревается, хотя и не столь сильно как другая. Уменьшая силу тока, мы можем довести накал нити у лампы с не разреженным воздухом до красноты, но накал нити у лампы с разреженным воздухом останется ярким, Рис 22c, и это при том, что степень накала намного меньше, чем в ситуации,

изложенной на Рис 22b, когда использовался ток очень высокой частоты.

В этих экспериментах газ действует в двух противоположных направлениях, непосредственно влияя на степень нагрева нитей накаливания: конвекция и бомбардировка. Чем выше частота и напряжение тока, тем большее значимой становится бомбардировка, а конвекция, наоборот — с увеличением частоты должна уменьшаться. При постоянном токе бомбардировки практически не происходит, и следовательно конвекция может существенно влиять на степень накала. В результате мы наблюдаем картину похожую на предыдущую. Таким образом, если две одинаковые лампы, одна из которых с разреженным газом внутри, а другая с не разреженным, подсоединены последовательно, или параллельно к генератору постоянного тока, то для того, чтобы нить накала лампы с не разреженным газом оставалась раскаленной требуется электрический ток значительно большей силы. Это происходит исключительно благодаря конвекции, а эффект становится более заметен при меньшей толщине нити накала. Некоторое время тому назад профессор Айртон и г-н Килгур опубликовали результаты количественных

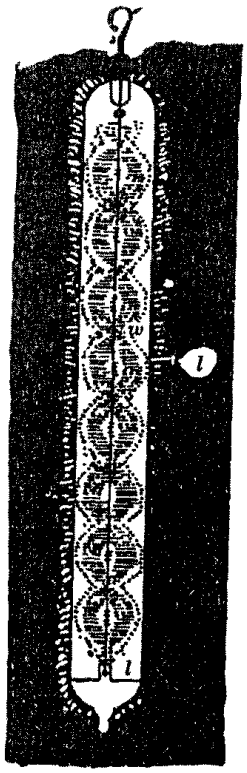


Рис. 23.

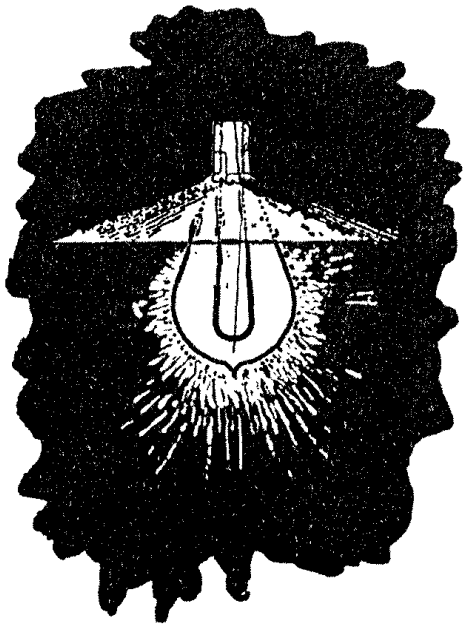


Рис. 24.

исследований, относящихся к термальной лучеиспускаемости, при излучении и конвекции, в которых был ясно продемонстрирован положительный эффект использования тонких проводов. Этот эффект можно красиво продемонстрировать, если подготовить несколько маленьких, коротких стеклянных трубок, внутрь которых вдоль продольной оси поместить самую тонкую из платиновых проволок, которую можно достать. Если в этих трубках создать максимально возможное разрежение воздуха, затем несколько трубок соединить параллельно и подключить к генератору постоянного тока, то во всех этих трубках можно поддерживать накал, затрачивая намного меньше электрического тока, нежели это необходимо для поддержания накала в одной трубке, в которой не создано разрежение воздуха. Если бы было возможно создать такое разрежение, при котором конвекция была бы нулевой, то тогда без особого труда можно было бы вычислить количество тепла выделяемого при конвекции и излучении, используя количественные термальные измерения. Если задействовать источник электрических импульсов высокой частоты и очень высокого напряжения, то можно было бы взять большее количество трубок и проводов для поддержания в них накала при помощи электрического тока такой силы, которой явно не хватило бы на то, чтобы нагреть провод такого же размера, находящего в окружении

воздуха под обычным давлением.

Я бы хотел в данной лекции описать результат, который еще более интересен и который был получен в результате наблюдений за этими явлениями. Как уже отмечалось, небольшие изменения плотности воздуха приводят к значительным изменениям в степени накала проводов. Поэтому я предположил, что поскольку в трубке, через которую проходит световой разряд, плотность газа не одинакова в разных местах, то очень тонкий провод, помещенный внутрь трубки, может достигать высшей степени накала в местах, где плотность газа меньше, и достигать меньшей степени накала в местах с большей плотностью, где конвекция больше, а бомбардировка меньше. Поэтому была изготовлена трубка *t*, см. Рис. 23, внутри которой имелась очень тонкая платиновая проволока *w*. Плотность воздуха в трубке была средней степени разреженности. Когда она была подключена к клеммам высокочастотной катушки, то обнаружилось, что, на самом деле, накал платиновой проволоки *w* был не равномерный, см. Рис. 23. Впоследствии было изготовлено некоторое количество таких трубок с одной, или несколькими проволоками внутри, и каждая из них демонстрировала тот же результат.

Самый лучший эффект был отмечен, когда в трубке произошел полосатый разряд. Подобный эффект также проявился когда полосы были невидимы, демонстрируя тем самым, что даже в этом случае плотность газа в трубке была не однородной. В целом, расположение полос было таково, что участки с большей разреженностью соответствовали местам на проволоке *w* с белым накалом, или с наибольшей яркостью. В некоторых случая было замечено, что яркие участки на проволоке оказались покрыты плотными участками полосатого разряда, они обозначены литерой *l* на Рис. 23, однако, этот эффект был едва различим. Данный факт довольно убедительно объясняется тем, что конвекция в плотных и разреженных местах разнилась не очень сильно, а бомбардировка была более интенсивной в местах с большей плотностью полосатого разряда. В действительности, часто наблюдалась картина, когда при определенных условиях тонкая проволока раскалялась добела в трубке, где разреженность воздуха была невысокой. Это происходило тогда, когда напряжение на катушке было недостаточно высоким для вакуума, и могло быть вызвано различными причинами. Но во всех случаях это любопытное явление накала исчезало, когда температура трубки, или, точнее, проволоки становилась равномерной.

Если не принимать во внимание эффект, вызываемый конвекцией, то выделяются две явные причины, которые вызывают накал проволоки, или нити накаливания: ток проводимости и бомбардировка. При слабом токе мы имеем дело только с первой из указанных причин, а тепловое действие минимально потому, что минимально сопротивление для слабого тока. При изменении силы тока, увеличивается сопротивление, и как следствие усиливается тепловой эффект. Если частота тока очень высока, то сопротивление может возрасти до такой степени, что нить накала раскаляется до белого каления даже при очень слабой силе тока. Таким образом, мы можем взять короткий и толстый брикет угля, или другой материал, и довести его до белого каления при помощи тока, сила которого несоизмеримо меньше той, которая требуется для достижения белого каления нити накала обычной лампы при помощи постоянного тока, или тока низкой частоты. Это очень важный результат, который наглядно показывает, как быстро меняются наши взгляды на этот счет и насколько быстро увеличивается объем наших знаний.

Если рассматривать явление свечения накала только в рамках его практического успеха, то для этого совершенно необходимо соблюдение двух условий: нить накала должна быть тонкой и обладать высоким сопротивлением. Но сейчас мы уже знаем, что сопротивление нити накала для тока слабой силы не имеет никакого значения. Нить накала может быть также толстой и короткой, поскольку ее можно довести до состояния белого каления при помощи тока слабой силы, если ее поместить в среду разреженного газа. Все это зависит от частоты и напряжения тока. Из этого можно сделать заключение, что использование тока высокой частоты для работы ламп накаливания предоставляет очевидные преимущества: он позволяет использовать короткую и толстую нить накала и ток слабой силы.

Если проволоку, или нить накала поместить в однородную среду, то нагрев происходит благодаря току проводимости. Но если ее поместить в сосуд с вакуумом, то это означает

изменение условий работы кардинальным образом. В однородной среде газ начинает работать, а для теплового эффекта, как это было продемонстрировано во множестве экспериментов, ток проводимости имеет намного меньшую значимость, по сравнению с бомбардировкой. Это особенно важно, когда система не представляет собой замкнутую электрическую цепь и, разумеется, при очень высокой разности потенциалов. Представьте себе тонкую нить накала, помещенную в сосуд с вакуумом, один конец которой соединен с клеммой катушки высокого напряжения, а другой конец с большой изолированной пластиной. Несмотря на то, что цепь не замкнута, нить накала, как я уже показывал ранее, раскаляется до белого каления. Если частота и разность потенциалов сравнительно невелики, то нить накала нагревается током, проходящим через нее. Если увеличить частоту, и что более важно, разность потенциалов, то необходимость в использовании изолированной пластины остается, но очень небольшая, и ее вполне можно



Рис. 25.

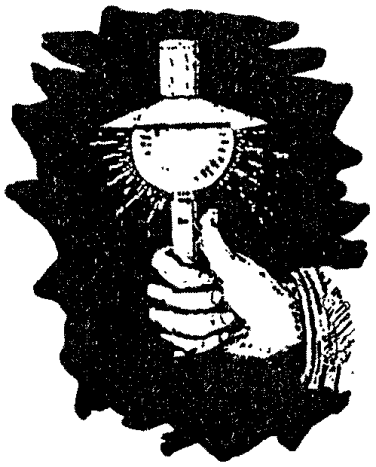


Рис. 26.

исключить. А поскольку в этом случае нить накала будет оставаться раскаленной, то можно сделать вывод, что нагрев происходит благодаря бомбардировке. Практический вариант сочетания обоих эффектов: тока проводимости и бомбардировки, представлен на Рис.24. На этом рисунке представлена обычная лампа с очень тонкой нитью накала, один конец которой соединен с защитным экраном, выполняющего функции изолированной пластины, а другой конец соединен с клеммой источника высокого напряжения. Не стоит полагать, что только разреженный газ является значимым фактором для нагревания проводника переменным током, газ при обычном давлении тоже может быть очень важен, если разность потенциалов и частота тока чрезмерны. По этому вопросу я уже отмечал, что когда проводник оплавляется в результате удара молнии, то ток, проходящий через него, может очень слабым. Возможно, его было бы недостаточно для ощутимого нагрева проводника, находящегося в однородной среде.

Учитывая вышеизложенное, становится ясно, что когда проводник, обладающий высоким сопротивлением, соединен с клеммами источника тока высокой частоты и большой разницы потенциалов, может происходить существенное рассеивание энергии, в особенности на концах проводника, возникающее вследствие воздействия газа, окружающего проводник. Поэтому, сила тока на участке проводника, расположенного на равном удалении от его концов, может быть значительно меньше, нежели на участках, расположенных ближе к его концам. Более того, ток, проходящий по внешним участкам проводника, можно почувствовать кожей, или, как его часто называют, в результате кожного эффекта. Этот эффект может также проявляться в постоянной несжимаемой среде. Если последовательно соединить большое количество ламп

накаливания и подключить их к источнику тока такого типа, то мы заметим, что лампы, расположенные ближе к концам цепи горят ярко, а лампы, расположенные в середине цепи могут оставаться полностью темными. Подобное происходит, как уже отмечалось, исключительно благодаря бомбардировке. Но даже если мы используем постоянный ток с большим напряжением, лампы на концах цепи будут светиться ярче, чем лампы в середине цепи. В этом случае не происходит ритмичной бомбардировки, а результат достигается исключительно вследствие утечки энергии. Утечка, или рассеивание энергии в пространство при высоком напряжении весьма ощутимы при использовании ламп накаливания, однако, подобные потери еще более значительны при использовании электрической дуги в качестве источника пламени. В целом, безусловно, рассеивание энергии при использовании постоянного тока, значительно меньше, чем при использовании переменного тока.

Я провел эксперимент, который весьма любопытным образом иллюстрирует эффект горизонтальной диффузии. Если очень длинную трубку подсоединить к клемме катушки высокой частоты, то наиболее яркое свечение наблюдается вблизи клеммы, а по мере удаления от клеммы, свечение плавно угасает. При использовании узкой трубки, данный эффект



Рис. 27.

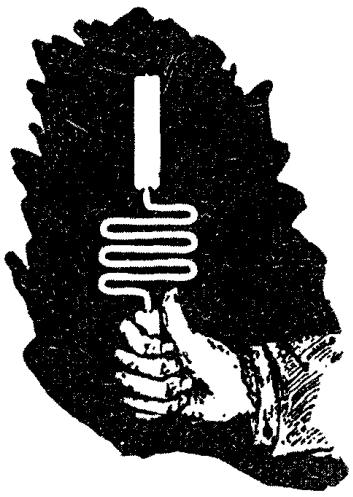


Рис. 28.

проявляется еще более отчетливо.

У маленькой трубки, диаметром около половины дюйма, и длиной в двенадцать дюймов, один конец которой вытянут в тонкую нить f (Рис. 25) длиной около трех футов. Трубка помещена в латунный патрон T, который накручивается на клемму T_1 индукционной катушки. Разряд, проходящий через трубку, сначала освещает дно, которое составляет ее значительную часть. Но по длинной стеклянной нити разряд пройти не может. Однако постепенно разреженный газ внутри трубки нагревается и становится боле токопроводящим, в результате чего разряд распространяется через стеклянную нить. Это распространение настолько слабо, что может потребоваться около половины минуты, а то и более для того, чтобы разряд прошел от начала до конца стеклянной нити, и обозначил свое появление ярким свечением на тонком срезе нити. Регулируя величину потенциала на клемме, можно добиться того, чтобы свет распространялся по трубке с любой скоростью. Однако когда стеклянная нить нагреется, то разряд проходит по всей ее длине мгновенно. Следует отметить интересную деталь: чем выше частота тока, или, другими словами, чем больше горизонтальная диффузия, тем более медленным может быть распространение света по стеклянной нити. Лучше всего проводить этот эксперимент на свежеизготовленной трубке с очень высоким разрежением внутри. После нескольких раз использования трубки, часто эксперимент не получается вовсе. Возможно, это вызвано постепенным и медленным нарушением вакуума в трубке. Это медленное распространение разряда через очень тонкую стеклянную трубку, представляет собой точный

аналог распространения тепла через брусок, нагреваемый с одного конца. Чем быстрее тепло распространяется вширь, тем больше времени потребуется для того, чтобы нагреть противоположную сторону бруска. Когда ток катушки низкой частоты проходит от начала до конца стеклянной нити, то в это время горизонтальная диффузия мала, а разряд проходит мгновенно и без потерь.

После того, как результаты этих экспериментов и наблюдений показали важность того, что атомная структура среды неоднородна, и могут служить для объяснения природы по меньшей мере четырех видов электрических эффектов, производимых этими токами, я могу продемонстрировать Вам эти эффекты. Для того, чтобы пробудить у Вас еще больший интерес, я могу провести эти эксперименты способом, который будет для Вас новым. Как Вы уже раньше видели, мы можем передавать электрические колебания телу при помощи одного провода, или любого другого проводника. Поскольку человеческое тело является проводником электрического тока, то я могу передавать электрические колебания через свое тело.

Сначала, в некоторых своих предыдущих экспериментах, я подключал свое тело к одной из



Рис. 29.

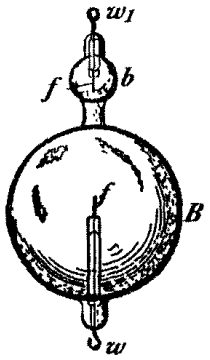


Рис. 30.

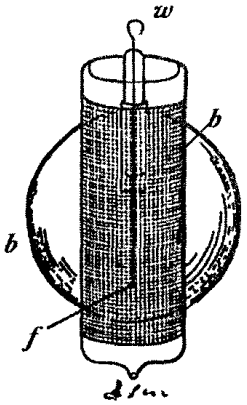


Рис. 31.

клемм трансформатора высокого напряжения, и брал в руку лампу с разреженным воздухом внутри, в которую был вмонтирован угольный электрод. Этот электрод располагался на платиновой проволоке и выходил за пределы стеклянной колбы, то есть наружу. Как только включался трансформатор, этот угольный электрод раскалялся добела (Рис. 26). Я мог поместить на лампу абажур из токопроводящего материала для усиления эффекта, но в этом не было необходимости. Также не было необходимости устанавливать соединение электрода с рукой через провод, проходящий сквозь стекло, поскольку через стекло могло проходить достаточное количество индуктивной электрической энергии для того, чтобы обеспечить белое каление электрода.

Затем, я взял лампу с сильно разреженным газом, внутри которой находилось сильно фосфоресцирующее тело. Над этим телом располагается маленькая алюминиевая пластина на платиновой проволоке, выходящей наружу. Когда ток проходил через мое тело, то вызывал сильное свечение в лампе (Рис. 27). Когда я вновь взял в руку простую трубку с разреженным воздухом внутри, то точно также, газ внутри трубки стал излучать свет (Рис. 28). Наконец, я могу взять в руку провод, оголенный, или покрытый толстым слоем изоляции — в данном случае это несущественно. При этом интенсивность электрических колебаний настолько высока, что на поверхности провода возникает светящаяся пленка (Рис. 29).

Я думаю, что на этих явлениях необходимо остановиться немного подробнее. В первом случае я буду рассматривать свечение электрода, или свечение твердого тела в целом, и приведу несколько фактов, которые имеют непосредственное отношение ко всем этим явлениям. Уже

отмечалось раньше, что при подключении одного конца тонкого проводника, такого как нить накала лампы, к клемме трансформатора высокого напряжения, нить накала начинает излучать свечение, вызванное двумя факторами: током проводимости и бомбардировкой. Чем короче и толще нить накала, тем более важной становится бомбардировка. И если представить себе нить накала в форме капли, то в этом случае тепловой эффект будет достигаться исключительно бомбардировкой.

Так, в ранее продемонстрированном эксперименте, электрод накаляется из-за ритмичного воздействия свободно движущихся маленьких тел в лампе. Эти тела могут быть молекулами оставшегося газа, частичками пыли или фрагментами оторвавшегося электрода. Очевидно, что нагревание кнопки существенно зависит от давления в лампе, при котором движутся свободные частицы или атомное вещество. Нагревание еще более увеличивает число соударений в секунду и усиливает энергию каждого взаимодействия. Кроме того, электрод будет нагреваться даже в том случае, если он будет подсоединен к источнику устойчивого потенциала. В этом случае электрический ток будет переноситься от электрода свободно передвигающимися, или летающими вокруг частицами. Количество электричества, при прохождении через электрод будет достаточно, чтобы довести его до белого накала. Но в этом случае бомбардировка не будет иметь большого значения. По этой причине требуется относительно большое количество энергии, поступающей на электрод, дабы обеспечить поддержание состояния белого каления при постоянной разности потенциалов. Чем больше частота электрических импульсов, тем более экономично можно поддерживать накал электрода.

Я полагаю, что одной из главной причин этого является то, что при наличии импульсов очень высокой частоты происходит менее интенсивный обмен молекулами между частицами, свободно движущимися вокруг электрода, и поэтому нагретая в лампе среда лучше удерживается в районе электрода. Если изготовить двойную лампу, такую как на рисунке 30, состоящую из большой сферы *B* и маленькой *b*, каждая из которых содержит нить накала, установленную на платиновой проволоке *w* и w_1, то при условии, что обе нити накала абсолютно одинаковы, обнаружится, что для поддержания определенной степени накала нити в сфере "b" требуется значительно меньше энергии, нежели для нити сферы *B*. Это является следствием ограниченной возможности движения частиц вокруг электрода. Кроме того, установлено, что в этом случае нить накала в сфере *b* меньше разрушается при работе в течение определенного периода времени в режиме белого каления. Из этого факта необходимо сделать вывод, что газ в маленькой лампе нагревается сильнее, поэтому становится лучшим проводником и требуется меньшая работа, чтобы воздействовать на электрод, так как бомбардировка становится менее интенсивной при увеличении электропроводности газа. Конечно, в этой конструкции маленькая лампа становится очень горячей и когда она нагревается до очень высокой температуры, то увеличивается конвекция и тепловое излучение наружу. Я уже имел возможность продемонстрировать лампы, которых этого недостаток значительно уменьшен. В этом случае, очень маленькая лампа, содержащая тугоплавкую кнопку, была смонтирована внутри большой лампы, а воздушное пространство между их стенками было сильно разрежено.

Когда большой шар подключен к насосу, вакуум между стенками создается постоянно, все время, пока насос работает. Внешний шар остается совершенно холодным, в то время как электрод в маленьком шаре раскален добела. Но когда насос перестал работать, а электрод оставался раскаленным достаточно длительное время, то большой шар тоже стал нагреваться. Поэтому я предположил, что если вакуумное пространство (как обнаружил Проф. Дюар), не проводит тепло, то оно просто благодаря скорости нашего движения в пространстве, или, вообще, вследствие движения среды относительно нас, в постоянных условиях не может поддерживаться без постоянно возобновляемой среды. По всей видимости, вакуум не может находиться в постоянном состоянии вокруг горячего тела.

В вышеупомянутых конструкциях, маленькая внутренняя лампа должна, по крайней мере, на первых стадиях, защищать от бомбардировки внешнюю, большую лампу. Я подумал, а как поведет себя в этой ситуации металлический сетчатый фильтр, и для этих целей были изготовлены несколько ламп, изображенных на рис. 31. В сферу *b* была вмонтирована тонкая нить на-

кала (или электрод) на платиновой проволоке *w*, проходящей через стеклянную ножку и выходящая из сферы наружу. Нить накала *f* была окружена металлическим ситом *s*. В процессе проведения экспериментов с такими лампами было обнаружено, что сито с широкими ячейками явно не оказывает ни малейшего воздействия на процесс бомбардировки сферы *b*. Когда вакуум был сильным, тень от сита ясно проецировалась на сферу, и последний нагревался за короткий период времени. В нескольких лампах сито *s* подсоединялось к платиновой проволоке, запаянной в стекло. Когда эту проволоку подсоединяли к другой клемме индукционной катушки (в этом случае ЭДС поддерживали на низком уровне), или к изолированной пластине, то бомбардировка внешнего шара уменьшалась. Когда брали сито с мелкими ячейками, бомбардировка большого шара также уменьшалась. Но даже тогда, когда создавалось еще большее разрежение воздуха, а разность потенциалов трансформатора увеличивали, то увеличивалась интенсивность бомбардировки сферы и нагрев происходил быстрее, несмотря на то, что не было видно тени от сетки, вследствие меньших размеров ячеек. Но стеклянная трубка или другое плотное тело, расположенное вокруг нити накала, может полностью прекратить бомбардировку и некоторое время внешняя сфера *b* будет оставаться совсем холодной. Конечно, когда стеклянная трубка очень сильно нагрета, бомбардировка внешнего шара не останется незамеченной. Эксперимент с этими лампами показал, что скорость задействованных молекул или частиц должна быть значительной (хотя она совершенно незначительна по сравнению со световыми частицами), в противном случае трудно понять, как они могут проходить через тонкую металлическую сетку без воздействия со стороны последней. Дело в том, что было обнаружено, что такие мелкие частички как атомы не могут воздействовать непосредственно на соизмеримом расстоянии. Что касается скорости задействованных атомов, то лорд Кельвин недавно оценил ее примерно в один километр в секунду, или около того в обычной лампе Крукса. Поскольку разность потенциалов, получаемая от катушки с пробойным разрядом, намного выше, чем получаемая от обычной катушки, то и скорость частиц в лампе или другом источнике света должна быть больше, когда они работают от такой катушки. Предположим, что скорость частиц составляет около пяти километров в секунду и постоянна на всем протяжении траектории, как это и должно происходить в сосуде с сильным разрежением воздуха. Затем, если изменения электризации электродов будет происходить с частотой около пяти миллионов раз в секунду, то наибольшее расстояние между частицами, удаляющимися от электрода, будет равняться одному миллиметру. Если они могли бы взаимодействовать на таком расстоянии, то обмен в наэлектризованной среде, или среди атомов был бы очень медленным, и не было бы бомбардировки внешней лампы. По крайне мере, так должно быть, если действие электрода на атомы разреженного газа будет таким, как при электризации тел, которые можем наблюдать. Горячее тело внутри вакуумной лампы всегда производит атомную бомбардировку, но оно не имеет определенного ритма, необходимого для того, чтобы его молекулы могли совершать колебания всех видов.

Если лампа, содержащая кнопку или нить накала, с большой осторожностью разрежена максимально сильно и используется лучшими специалистами, то можно наблюдать, что разряд сначала не может произойти, но спустя некоторое время, вероятно, когда в лампе образуется некоторый заряд, разряд все-таки происходит и электрод накаляется.

Фактически получается, что чем выше разреженность газа, тем легче получить белый накал. Кажется, что нет других причин, по которым накаливание не могло бы быть приписано этим случаям, за исключением бомбардировки или похожего действия разреженного газа или частиц другого вещества. Но играет ли важную роль то, что воздух в лампе разрежают с большими предосторожностями? Тогда допустим, что вакуум в лампе идеален, если это является ключевым вопросом. Является ли среда, заполняющая все пространство сплошной или атомной? Если она имеет атомную структуру, то когда происходит нагревание электрода, или нити накала в вакууме, сосуд может оказаться слишком большим для эфирной бомбардировки. Нагревание проводника вообще, зависит от того, какой ток, высокой частоты или с высокой разностью потенциалов, имеет место, и будет подвергаться изменениям со стороны среды. Кроме того, существуют также кожные эффекты, т. е. явное увеличение омического

сопротивления и т. д., что допускает, по крайней мере, различные объяснения.

Очевидно, будет более правильно в соответствии со многими наблюдаемыми явлениями, связанными с высокочастотным током, считать, что все пространство заполнено свободными атомами, нежели утверждать что оно, пустое и холодное, лишено их. Так и должно быть, если среда плотная, тогда там не может быть ни тепла, ни света. Передается ли энергия независимыми носителями или через колебания плотной среды? Этот важный вопрос еще не получил положительного ответа. Но большинство эффектов, которые здесь обсуждаются, особенно световые эффекты, накаливание или свечение, подразумевают наличие свободных атомов и были бы без них невозможны.

Что касается огнеупорной кнопки (или нити накала) в разреженном ресивере, который является одним из объектов нашего исследования, то результаты главных экспериментов, которые могли бы служить руководством при создании таких ламп, можно суммировать следующим образом:

1. Кнопка должна быть как можно меньшей по размеру, сферической и иметь гладкую или полированную поверхность. Она должна быть сделана из огнеупорного материала, который лучше сопротивляется процессу испарения. 2. Основание под кнопкой должно быть очень тонким и экранировано алюминием и листом слюды так, как я это описал раньше. 3. Разрежение лампы должно быть максимальным. 4. Частота тока должна быть максимальной, какую только можно получить. 5. Ток должен гармонически повышаться и понижаться, без внезапных прерываний. 6. Температура нагревание должна быть ограничена температурой плавления кнопки. Это достигается путем заключения ее в маленькую лампу или другим способом. 7. Пространство между стенками маленькой лампы и внешнего шара должно быть сильно разрежено.

Большинство соображений, которые относятся к накаливанию твердого тела, с полным основанием могут быть отнесены и к свечению. На самом деле, в разреженном сосуде свечение, как правило, первоначально возбуждается благодаря сильному биению потока атомов на светящееся тело. Даже во многих случаях, когда нет подтверждения такой бомбардировки, свечение возбуждается, как я думаю, сильным воздействием атомов, которые не обязательно отлетают от электрода, но также индуктивно воздействуют на среду или цепи других атомов. Также механические удары могут играть важную роль при возбуждении свечения в лампе, что можно увидеть из следующего эксперимента. Если взять лампу, какая изображена на рисунке 10, с большими предосторожностями разредить ее до такой степени, чтобы разряд не мог произойти, то нить накала будет воздействовать посредством электростатической индукции на трубку *t*, и в последней будут возникать колебания. Если трубка *0* достаточно широка, около дюйма в диаметре, нить накала может колебаться настолько сильно, что каждый раз, когда она будет ударяется о стеклянную трубку, будет возникать свечение. Но свечение прекращается, когда волокно успокаивается. Колебания могут прекращаться и вновь возобновляться при изменении частоты тока. Теперь нить накала имеет собственный период колебаний, и если частота тока такова, что они резонируют, вибрация начинается легко, даже если разность потенциалов тока мала. Я часто наблюдал, как нить накала в лампе разрушается при таком механическом резонансе.

Как правило, нить накала вибрирует так быстро, что ее не видно и сначала экспериментатор может быть озадачен. Когда эксперимент подобный этому, выполнен тщательно, необходимая разность потенциалов тока может быть очень небольшой, и по этой причине я делаю вывод что, свечение обусловлено механическим ударом нити накала о стекло так, как это получается при ударе куска сахара об нож. Механический удар, производимый атомами вещества, легко заметить, если держать в руке лампу, имеющую кнопку и при этом внезапно включить ток. Я думаю, что лампа даже может разрушиться из-за возникающего при этом резонанса.

Конечно, из ранее проведенных экспериментов понятно, что стеклянная трубка, находящаяся в контакте с нитью накала, сохраняет заряд определенного знака в точке контакта.

Если теперь нить накала снова соприкоснется со стеклом в этой точке, несмотря на то, что она имеет противоположный заряд, при испускании света заряды гасят друг друга. Но от такого объяснения нет никакой пользы. Бесспорно, что первоначальный разряд, подающийся к атомам или к стеклу, может играть определенную роль в возбуждении свечения. Так, например, если светящуюся лампу сначала возбудить высокочастотной катушкой, подсоединив ее к одной из клемм катушки и измерить степень освещенности, а затем сильно зарядить лампу на машине Гольца, подключив ее к положительной клемме машины, можно заметить, что когда лампа была подсоединена в клемме высокочастотной катушки, свечение было более интенсивным. В другом случае я рассматривал возможность такого явления свечения в лампе, производя накаливание бесконечно тонкого слоя вещества на поверхности светящегося тела. Несомненно, взаимодействие атомов является достаточно сильным, чтобы получить интенсивное накаливание в результате их столкновения, поэтому тело быстро достигает высокой температуры при его значительном объеме. Если такие эффекты существуют, то лучшим известным устройством для получения свечения в лампе, является катушка пробойного разряда, дающая чрезвычайно большую разность потенциалов, с которой работают основные разрядники, а именно около 25 -30 раз в секунду. Этого достаточно для получения свечения, которое для глаза кажется непрерывным. Установлено, что такая катушка возбуждает свечение при любых условиях и при любой степени разрежения газа. Я наблюдал эффекты, которые приводили к свечению даже при обычном атмосферном давлении. Это происходило, когда разность потенциалов была чрезвычайно велика. Но если свечение происходит в результате выравнивания зарядов атомов (независимо от их величины), то чем больше частота импульсов, или изменений в электризации, тем более экономичным будет производства света. Давно известен и заслуживает внимания тот факт, что все светящиеся тела являются плохими проводниками электрического тока и тепла, и что все тела перестают испускать свет при нагревании до определенной температуры. Проводники, наоборот, не обладают этим качеством. Но есть несколько исключений из этого правила. Одним из них является углерод. Беккерель заметил, что углерод испускает свечение при определенной температуре, которая предшествует той, когда электрод имеет темно-красный цвет. Это явление легко наблюдать в лампе, в которую вмонтирован довольно большой угольный электрод (например, шар около шести миллиметров в диаметре). Если ток включен в течение нескольких секунд, белоснежная вуаль покрывает электрод перед тем, как он станет темно-красного цвета. Похожий эффект замечен и при экспериментах с другими проводящими телами, но многие ученые не связывают это явление с выделением света. Остается решить связано ли собственно накаливание, и возникающее при этом свечение с взаимодействием между атомами, или же с механическими соударениями. В действительности, все условия, при которых сохраняется тенденция к локализации и увеличению эффекта нагревания в точке взаимодействия, всегда благоприятны для возникновения свечения. Так, если электрод очень маленький, но удовлетворяет общим условиям эксперимента, т.е. имеет большую электрическую плотность при высокой разности потенциалов, если сильно разрежен газ, т.е. условия подразумевают высокую скорость атомов или вещества, и следовательно сильные соударения частиц, то свечение будет интенсивным. Если лампа снабжена большим и маленьким электродами, подключенными к клемме индукционной катушки, то маленький электрод будет производить свечение, а большой нет, потому, что у него меньше электрическая плотность, и следовательно меньше скорость атомов.

Лампу с большим электродом можно взять в руку, когда электрод подключен к клемме катушки, и она не будет светиться. Но если вместо этого дотронуться до нее концом оголенного провода, лампа сразу же начнет светиться из-за высокой плотности в точки контакта. При низких частотах кажется, что газ с более высоким атомным весом производит более интенсивное свечение, чем газ с меньшим атомным весом как, например, водород. Результаты наблюдений за высокими частотами недостаточно достоверны, чтобы сделать вывод. Как известно, кислород вызывает чрезвычайно сильные эффекты, которые частично можно приписать его химическому действию. Кажется, что в лампе с водородом возбуждение происходит легче всего. Электроды, которые легче разрушаются, производят в лампе более

интенсивное свечение, но при этом условия эксперимента непостоянны из-за ослабления вакуума и оседания электродного вещества на светящейся поверхности. Некоторые жидкости, такие как масло, вызывают великолепные эффекты свечения (или флуоресценции), но действие происходит только в течение нескольких секунд. Так, если на лампу, которая имеет следы масла на стенках, подать ток, то свечение будет продолжается только несколько секунд, до тех пор, пока масло не испарится. Сульфид цинка кажется наиболее чувствительным к свечению среди всех испытанных веществ. Образцы вещества, полученные благодаря любезности профессора Генри из Парижа, применялись во многих из этих ламп. Одним из недостатков этого сульфида является то, что он теряет свои качества при испускании света, когда температура не является высокой. Поэтому он может использоваться только для получения света слабой интенсивности. Следует отметить вот какое наблюдение. При сильной бомбардировке алюминиевый электрод чернеет, но довольно необычно, потому, что он возвращается к своему первоначальному состоянию после остывания.

Наиболее важным фактом, полученным при проведении исследований, оказалось то, что во всех случаях для возбуждения свечения с минимальными затратами энергии, необходимо создать определенные условия. А именно, не имеют значения: частота тока, степени разреженности и материал, из которого изготовлены предметы, находящиеся в лампе, величина потенциала в ситуации, когда происходит возбуждение лампы от одной клеммы, или разница потенциалов, в ситуации, когда происходит возбуждение лампы от двух клемм, который дает наилучший экономический показатель. Если разность потенциалов возрастает, то может происходить значительный расход энергии без получения света, а если ее уменьшить, то производство света не будет таким экономичным. Точное условие, при котором будет получен наилучший результат, зависит от многих вещей, имеющих другую природу. Их еще предстоит исследовать в других экспериментах. Мы непременно найдем такие условия, которые обеспечат работу ламп накаливания наилучшим образом.

Теперь перейдем к наиболее интересному из этих явлений — накаливанию или свечению газов при низком или обычном атмосферном давлении. Мы должны найти объяснение этому явлению в условиях, когда происходят соударение, или взаимодействие атомов. Точно также как молекулы, или атомы ударяясь о твердое тело вызывают свечение, или заставляют его нагреваться, так и сталкиваясь между собой они производят похожий эффект. Но это очень слабое и грубое объяснение механизма явления. Свет вызывается колебаниями, которые происходят с невообразимой скоростью. Если мы посчитаем, количество энергии содержащейся в форме известных излучений в определенном пространстве, силу, которую необходимо приложить, чтобы получить такую скорость колебаний, то мы обнаружим, что несмотря на то, что плотность эфира намного меньше, чем в любом из известных нам тел, даже чем в водороде, его сила поражает воображение. Что же это за сила, которая при механических единицах измерения может исчисляться тысячами тонн на квадратный дюйм? С современной точки зрения — это электростатическая сила. Невозможно понять, как тело измеримых размеров могло бы зарядиться до такой высокой разности потенциалов, чтобы сила была достаточной для получения таких колебаний. Раньше, если бы такой заряд сообщили телу, то он разрушил бы его до атомов

Солнце излучает свет и тепло так же, как обычное пламя или нить накала. Но ни одно из этих явлений не объясняет силу, с которой Солнце объединяется в тело как целое. Объяснить это мы может только одним способом, а именно, сравнив его с атомом. Атом такой маленький, что если бы он заряжался, вступая в контакт с электрическим телом, и заряд передавался бы следующему атому по таким же правилам, как и тела, имеющие измеримые размеры, он должен был бы полностью сохранить количество электричества, которое было бы соизмеримо с этими силами и огромными скоростями колебаний. Но в этом плане атом стоит несколько особняком — он всегда сохраняет один и тот же "заряд".

Похоже, что резонирующие колебания играют важную роль во всех проявлениях энергии в природе. В пространстве вся материя колеблется и встречаются все скорости колебаний, от

низких музыкальных звуков до наивысших тонов химических лучей. Следовательно, для атома или комплекса атомов, независимо от их периода, должны найтись колебания, с которыми они будут в резонансе. Когда мы обсуждаем высокую скорость световых колебаний, мы отдаем себе отчет в том, что невозможно получить такие колебания непосредственно при помощи какой-либо аппаратуры, имеющей измеримые величины. Это вынуждает нас прибегнуть к единственно возможному средству производства световых волн -электричеству. То есть воздействовать на молекулы и атомы газа так, чтобы заставить их сталкиваться и вибрировать. Затем мы должны задать себе вопрос: "Как можно воздействовать на молекулу, или атомы?"

Известно, что на них можно воздействовать электростатической силой, что подтверждается результатами многих экспериментов. Изменяя электростатическую силу, мы можем возбуждать атомы и заставлять их сталкиваться, что сопровождается выделением тепла и света. Это не является бесспорным доказательством того, что мы можем воздействовать на них по-другому. Если световой разряд происходит в запаянной вакуумной трубке, выстраиваться ли атомы в определенном порядке по отношению к другими атомам, или же электростатическая сила

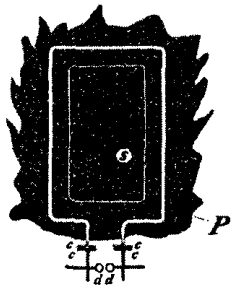


Рис. 32.

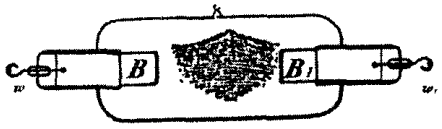


Рис. 33.

действует по прямой линии от атома к атому? Только недавно я исследовал взаимное действие между двумя цепями, которые имеют очень высокие скорости колебаний. Кода батарея из нескольких аккумуляторных банок (*c c c c*, Рис. 32) разряжается через первичную обмотку *P* с низким сопротивлением (Рис. 19a, 19 b, 19 c), при частоте колебаний около миллиона раз в секунду, то возникает огромная разность потенциалов между двумя точками на первичной обмотке отстоящими друг от друга всего на несколько дюймов. Эта разность потенциалов может составлять около 10,000 вольт на дюйм, если не больше, давая максимальную величину ЭДС. Таким образом, вторичная обмотка *S* подвержена воздействию электростатической индукции, которая в таких экстремальных условиях приобретает большую значимость, нежели электродинамическая индукция. Для таких внезапных импульсов первичная и вторичная обмотки являются плохими проводниками, поэтому большая разность потенциалов может быть получена при возникновении электростатической индукции между смежными точками вторичной обмотки. Затем может проскочить искра между проводами и стримерами, которую видно в темноте, если постараться вызвать световой разряд через искровое пространство *d d*. Если теперь мы заменим запаянную вакуумную трубку на металлический вторичную обмотку *S* , то разности потенциалов, получающейся в трубке в результате электростатической индукции от первичной обмотки, будет вполне достаточно для того, чтобы возбудить части этой обмотки. Но так как точки с определенной разностью потенциалов на первичной обмотке не зафиксированы, и вообще они постоянно меняют свое положение, то в трубке образуется светящаяся полоса, которая, очевидно, не соприкасается со стеклом, как это и должно бы быть если бы точки максимальной и минимальной разности потенциалов были зафиксированы на первичной обмотке. Я не исключаю того, что существует трубка, возбуждаемая только электродинамической индукцией но, по моему мнению, пока нет никаких положительных доказательств того, что атомы газа в запаянной трубке могут структурироваться в цепи под действием электродвижущего импульса, производимого электродинамической индукцией в трубке. До сих пор я так и не смог создать полоски в трубке, однако в дальнейшем, при любой степени разрежения, когда борозд-

ки расположены под прямыми углами к предполагаемому направлению разряда или оси трубки, я отчетливо наблюдал, как в большой трубке образуется широкая светящаяся полоса, образуемая разрядом, проходящим от батареи по проводам, окружающим лампу. Это круг слабого света между двумя светящимися полосами, одна из которых была более интенсивна, чем другая.

Кроме того, как показывает мой опыт, я не думаю, что такой газовый разряд в закрытой трубке может колебаться как единая масса. Я убежден, что никакой разряд, проходя через газ не может вызвать в нем колебания. Поведение атомов газа очень странно в отношении непредсказуемости электрических импульсов. Газ кажется не способным обладать какой-либо ощутимой инертностью в отношении таких импульсов, поскольку чем больше частота импульсов, тем с свободнее разряд проходит через газ. Если газ не обладает никакой инертностью, то он не может колебаться. Для свободных колебаний необходимо наличие хотя бы небольшой инертности газа. Из этого я сделал вывод, что если разряд молнии происходит между двумя облаками, там не может быть никакой осцилляции, как этого можно было бы ожидать, принимая во внимание значительную электрическую емкость облаков. Но если разряд молнии попадает в землю, ко-

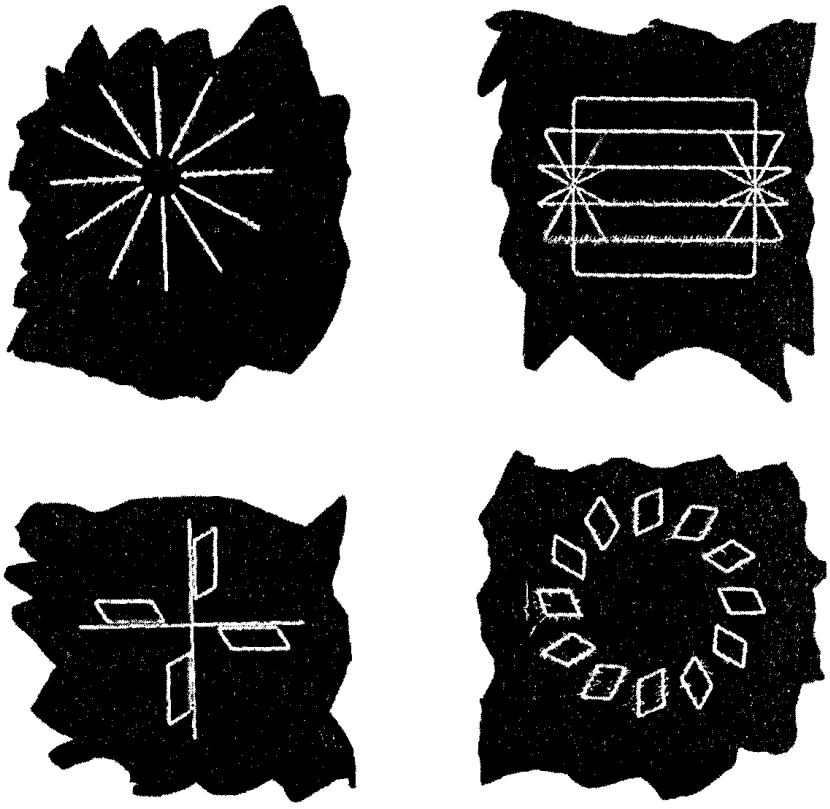


Рис. 34.

лебания появляются, но не в облаках, а в земле. В газовом разряде каждый атом колеблется со своей собственной скоростью, но нет колебаний электропроводной газовой массы как единого целого. Это важное соображение касается большой проблемы — экономичного получения света. Из этого следует, что для достижения этого результата мы должны использовать импульсы очень высокой частоты и, кроме того, необходима большая разность потенциалов. Известно, что кислород дает более интенсивный свет в трубке. Не потому ли, что атомы кислорода обладают некоторой инертностью, и колебания не затухают немедленно? Но тогда, были бы хороши и азот, и хлор, и пары многих других веществ, значительно лучших, чем кислород, если бы в игру не вступали магнитные свойства последнего. Или же процессы в трубке имеют электролитическую природу? Об этом определенно говорят многие наблюдения, наиболее важным из которых является то, что вещество всегда уносится от электрода, а вакуум в колбе не может поддерживаться постоянно. Если такой процесс происходит в действительности, тогда наоборот, мы должны прибегнуть к высоким частотам с тем, чтобы свести электролитическое воздействие к минимуму, если уж его невозможно устранить полностью. Неоспоримо, что при очень

высоких частотах с гармоническими колебаниями импульсов, подобных тем, что мы получали от генератора переменного тока, негативных проявлений меньше, и вакуум более постоянен. При использовании пробивной разрядной катушки происходят внезапные всплески потенциала, вакуум ослабляется быстрее, электроды разрушаются за очень короткое время. Это наблюдалось в некоторых коротких трубках, которые были оснащены тяжелыми угольными блоками $B\ B_1$, подсоединенными к платиновым проволокам $w\ w_1$ (см. Рис. 33). Такие трубки применялись в экспериментах с пробойным разрядом вместо обычного воздушного пространства. Под действием сильного магнитного поля, в которое помещалась трубка, частицы углерода осаждались тонкими сплошными линиями в середине трубки, как показано на рисунке. Появление этих линий приписывалось отклонению или искажению заряда магнитным полем, но почему осадок получался больше там, где поле было наиболее интенсивным? Примечательно, что наличие сильного магнитного поля усиливает разрушение электродов, возможно, из-за быстрых прерываний, которыми между электродами создается действительно высокая ЭДС.

Остается сказать о световых эффектах, получаемых в газовой среде при низком или обычном давлении. Исходя из представленных выше экспериментов, мы не можем сказать, что достаточно знаем природу этого великолепного явления. Но исследования в этом направлении продвигаются особенно рьяно. Каждое направление научных поисков имеет свою прелесть, но изучение электричества обладает особой притягательностью. Нет эксперимента или наблюдения любого типа в области этой замечательной науки, которые не имели бы для нас большой привлекательности. Тем не менее, мне кажется, что среди всех многочисленных изумительных вещей, которые мы наблюдаем, вакуумная трубка, возбуждаемая электрическим импульсом от отдаленного источника, разрывающая темноту и освещающая комнату своим красивым светом, является наиболее великолепным явлением, которое только может открыться нашему взгляду. Еще более интересно когда, уменьшая основной разряд при прохождении его через разрядное пространство до очень маленькой величины и двигая трубку, мы получаем все виды узоров из светящихся линий. Так, в качестве развлечения, я беру длинную прямую трубку, или квадратную, либо квадратную, присоединенную к прямой, и вращая их в руке, имитирую движение спиц колеса, волны Грамма, повороты барабана, вращение двигателя переменного тока и т.д. (*рис.*34). Наблюдаемый на расстоянии, эффект кажется слабым, и значительная часть его красоты теряется, но находясь рядом или удерживая трубку в руке, не можешь противостоять его очарованию.

При представлении этих незначимых результатов, я не пытался систематизировать и согласовывать их, как это должно быть в строгом научном исследовании, в котором каждый последующий результат должен быть логическим продолжением предыдущего, для того, чтобы усердный читатель или внимательный слушатель могли следовать за моей мыслью. Я предпочел сконцентрировать свои силы в основном на выдвижении новейших фактов и идей, которые могут послужить материалом для дальнейших исследований другими, и это может послужить извинением за отсутствие гармонии.

Объяснения этих явлений были даны с добрыми чувствами и с надеждой на то, что какой-нибудь студент сочтет, что изложенные факты нуждаются в лучшей интерпретации. Не будет никакого вреда от того, если студент воспримет неверную точку зрения, но когда ошибается множество умов, мир дорого платит за такие ошибки.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ОСЦИЛЛЯТОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРАПИИ И ДРУГИХ ЦЕЛЕЙ*

Заняться систематическими исследованиями феномена высокой частоты в 1889 году меня побудили некоторые теоретические возможности токов очень высокой частоты, случайные наблюдения во время проведения экспериментов с переменным током, а также работа г-на Герца и смелые взгляды, выдвинутые Оливером Лоджем. Полученные вскоре результаты оказались таковы, что для дальнейших исследований в этой области, которые в дальнейшем оказались весьма плодотворными, потребовалось оснастить лабораторию по последнему слову. Поэтому были сделаны альтернаторы особой конструкции, и разработаны различные методы для преобразования обычных токов в токи высокой частоты. И то и другое уже было подробно описано, и теперь, я полагаю, хорошо известны.

Одной из недавно отмеченных и удивительных особенностей токов высокой частоты, которая в основном заинтересовала врачей, оказалась их полная безвредность для человека, позволяющая пропускать через человеческое тело сравнительно большое количество электрической энергии, не вызывая при этом боли или серьезного дискомфорта. Эта особенность, на которую совместно с другими, в основном, неожиданными свойствами я впервые имел честь обратить внимание ученых мужей в статье, опубликованной в техническом журнале от февраля 1891 года, и во время последующих выступлений перед научными сообществами, сразу очевидным образом указала на то, что такой ток мог бы быть использован в электротерапии.

Принимая во внимание свойства электричества в целом, и по аналогии с ними, весь комплекс физиологических эффектов можно разделить на три класса. Первый - статические эффекты: физиологические эффекты, относящиеся к данному классу, в основном зависят от величины электрического потенциала. Второй - динамические эффекты: эффекты этого класса принципиально зависят от интенсивности движения электронов, или от силы тока, проходящего через тело. Третий - эффекты, возникающие под воздействием электромагнитных волн или колебаний: импульсы, в которых электрическая энергия попеременно, с большей или меньшей частотой, переходит из статической формы в динамическую, и наоборот.

На практике, все эти различные свойства присутствуют постоянно, однако, для более удобного выбора аппаратных средств и соблюдения условий, экспериментатор может сделать тот или иной эффект доминирующим. Таким образом экспериментатор может пропускать через тело человека, или через часть тела, электрический ток сравнительно большой силы при малом напряжении, либо подвергнуть человеческое тело воздействию высоким напряжением при ничтожно малой силе тока, либо поместить пациента под воздействие электромагнитных волн, источник которых, при необходимости, может находиться на достаточно большом удалении от объекта.

Дабы не отвлекать медика от изучения последствия воздействия на организм и корректировки методов лечения, непосредственное применение различных способов электрического воздействия на тело пациента, можно поручить электрику.

---

* Текст выступления на девятом ежегодном заседании Американской Электротерапевтической Ассоциации, Буффало, штат Нью-Йорк, 13-15 сентября 1898.

Поскольку никто не может похвастаться тем, что способен описать тот или иной предмет совершенно точно и ясно, ниже приводятся схематические иллюстрации нескольких способов подключения электрических цепей, которые несмотря на свою очевидность для большинства аудитории, все же могут оказаться небесполезными.

Первый и самый простой метод применения электрического тока представляет собой подключение тела пациента к двум контактам генератора, будь то динамо-машина или индукционная катушка. На Рис. 1 представлена схема подобного соединения. Альтернатор *G* должен выдавать от пяти до десяти тысяч полных колебаний в секунду — вполне достижимая величина на сегодняшний день. Электродвижущая сила, как показали измерения при помощи теплового измерительного прибора, может быть от пятидесяти до ста вольт. Для того, чтобы обеспечить прохождение электрического тока через ткань, клеммы *T T*, которые служат для установления контакта с телом пациента, должны обладать достаточно большой площадью

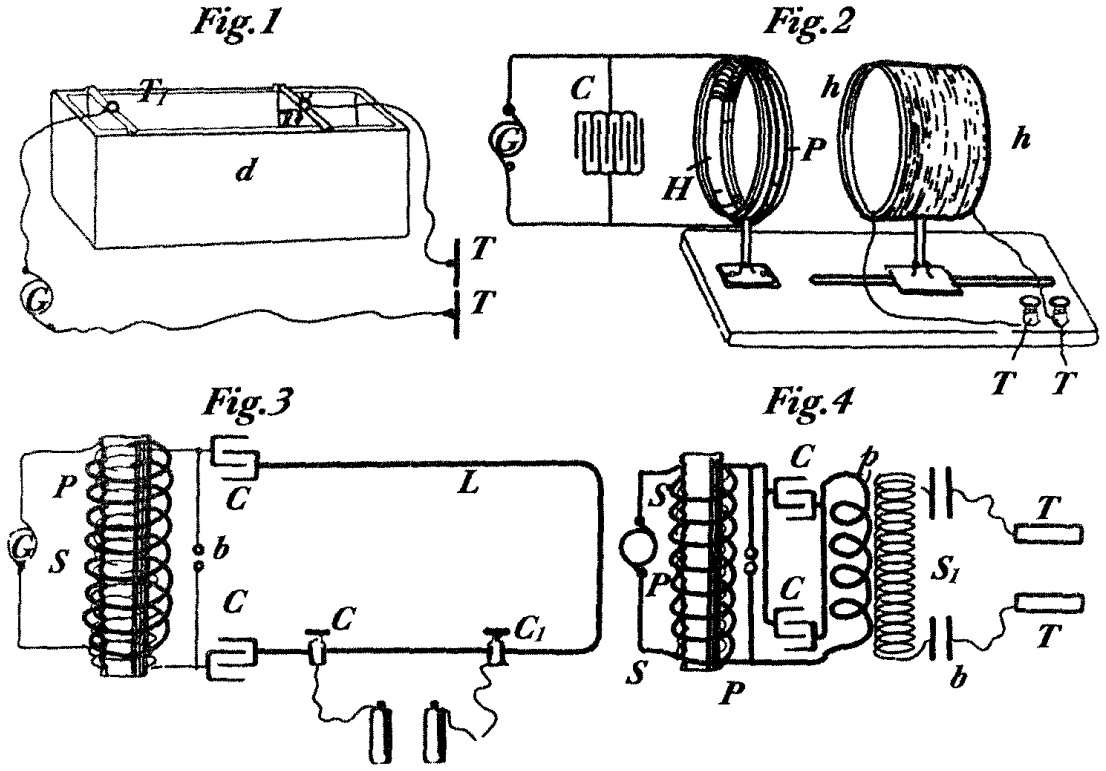


Рис. 1, 2, 3, 4.

соприкосновения и покрыты тканью, пропитанной раствором электролита, безвредного для кожи. Иначе контакт с телом пациента может обеспечиваться путем иммерсии. Наилучшим образом регулировка тока осуществляется при помощи изолирующего желоба *A*, на котором установлены две металлические клеммы *T T* с достаточно большой контактной поверхностью, и, как минимум, одна из них должна быть съемной. Желоб заполняется водой, в воду добавляется электролитический раствор до тех пор, пока не будет достигнута степень электропроводности, пригодная для экспериментов.

При необходимости задействовать ток малой силы и с высоким напряжением используют вторичную катушку так, как это показано на Рис.2. Я с самого начала счел удобным отойти от обычного способа наматывания катушек с большим количеством маленьких витков. Существует множество аргументов, которые определят выбор врача в пользу обруча *H* большого размера, не менее трех футов в диаметре, или даже больше, с небольшим количеством витков, намотанного на него толстого кабеля *P*. Вторичная катушка *S*, изготавливается довольно просто: два деревянных обруча соединяются вместе при помощи жесткого картона. Достаточно одного слоя обычного, не очень тонкого обмоточного провода. В зависимости от назначения катушки, количество витков провода легко определяется экспериментальным путем.

Две пластины, с достаточно большой площадью, которые формируют регулируемый конденсатор, могут быть использованы для синхронизации вторичной цепи с первичной, однако, в большинстве случаев в этом нет необходимости. Таким образом получается довольно дешевая в изготовлении и вполне устойчивая к повреждениям катушка. Однако дополнительные преимущества такой конструкции проявляются при точной настройке параметров вторичной цепи, которая достигается очень просто: путем изменения расстояния между первичной и вторичной цепями. Еще больше преимуществ заметно при возникновении гармоник, которые отчетливее проявляются именно в больших катушках с толстым обмоточным проводом, когда они расположены на некотором удалении от первичной цепи.

Предварительные настройки могут также применяться при использовании переменного или прерывистого тока низкой частоты, однако, некоторые определенные свойства высокой частоты дают возможность задействовать прерывистый ток там, где использование переменного тока невозможно.

Одной из наиболее ярких свойств высокой частоты, или, в более общем выражении, тока часто меняющего свое направление, является то, что он с трудом проходит через толстый проводник с высокой самоиндукцией. Несмотря на это препятствие на пути движения тока, вызванное самоиндукцией, как показали результаты более ранних экспериментов, на которые имеются ссылки, вполне реально поддерживать разность потенциалов в несколько тысяч вольт между двумя точками на толстом медном бруске с незначительным сопротивлением. При этом расстояние между точками не должно превышать нескольких дюймов. На Рис. 3 изображена схема расположения компонентов. В данном случае источником высокочастотных импульсов служит трансформатор известного типа, который может быть запитан от генератора G, подающего постоянный, либо переменный ток. Трансформатор состоит из первичной обмотки P, вторичной обмотки S, двух конденсаторов $C\,C$, соединенных последовательно, петли, или катушки с очень толстым проводом L и устройства b, замыкающего и размыкающего цепь. Ток поступает через контур L на два контакта $c\,c'$, один из которых, или оба, могут передвигаться по проводу L. При изменении расстояния между контактами можно добиться разности потенциалов на клеммах $T\,T$ величиной от нескольких до многих тысяч вольт. Этот способ использования электрического тока совершенно безопасен и очень удобен, однако, при этом требуется постоянно задействовать выключатель b для зарядки и разрядки конденсатора.

Другими, не менее значительными свойствами высокочастотных импульсов являются легкость, с которой они проходят через конденсаторы, а также умеренная электродвижущая сила и очень малая емкость, необходимая для обеспечения прохождения большого количества тока. Результаты научных наблюдений дали возможность разработать определенную схему, в частности ту, что изображена на Рис.4. На этой схеме расположение компонентов очень сходно с предыдущей схемой, за исключением того, что конденсаторы $C\,C$ соединены параллельно. Такое соединение конденсаторов понижает частоту тока, зато позволяет работать со значительно меньшей разницей потенциалов на клеммах вторичной катушки S. Поскольку последняя является наиболее дорогостоящей частью устройства, а ее стоимость возрастает с увеличением количества витков, то экспериментатор, пожертвовав частотой, которая, впрочем, остается достаточно высокой и пригодной для большинства целей, может получить аппарат с меньшими затратами. Для того, чтобы частота осталась прежней, ему нужно всего лишь пропорционально уменьшить количество витков, или длину первичной катушки, однако, уменьшение стоимости трансформатора таким образом, потребует большего внимания в отношение выключателя b. Вторичная обмотка S' высокочастотной катушки оснащена двумя металлическими пластинами $t\,t$ с большой поверхностной площадью, соединенной с клеммами, а ток поступает с двух схожих пластин $t'\,t'$, расположенных вблизи первых. И напряжение, и сила тока, поступающего с клемм $T\,T$ легко регулируются путем изменения расстояния между двумя парами пластин $t\,t$ и $t'\,t'$ соответственно.

Легкость, с которой Вы можете в данной конструкции увеличивать или уменьшать потенциал на одной из клемм, не зависит от изменений, произведенных Вами с дугой клеммой.

Это дает возможность проводить более эффективные процедуры с одной, и с другой стороны тела пациента.

Врач, в силу тех, или иных причин, может посчитать целесообразным изменение порядка подключения компонентов, изображенных на Рис. 2, 3 или 4, подсоединив одну из клемм источника тока высокой частоты к земле. По многим параметрам эффекты будут те же, но в каждом конкретном случае проявятся свои характерные особенности. При заземлении одной из клемм вторичной обмотки, возможные последствия могут проявиться в виде преобладания импульсов высокочастотных разрядов одного направления над другим.

Среди множества заслуживающих внимания свойств такого вида электрического тока, есть

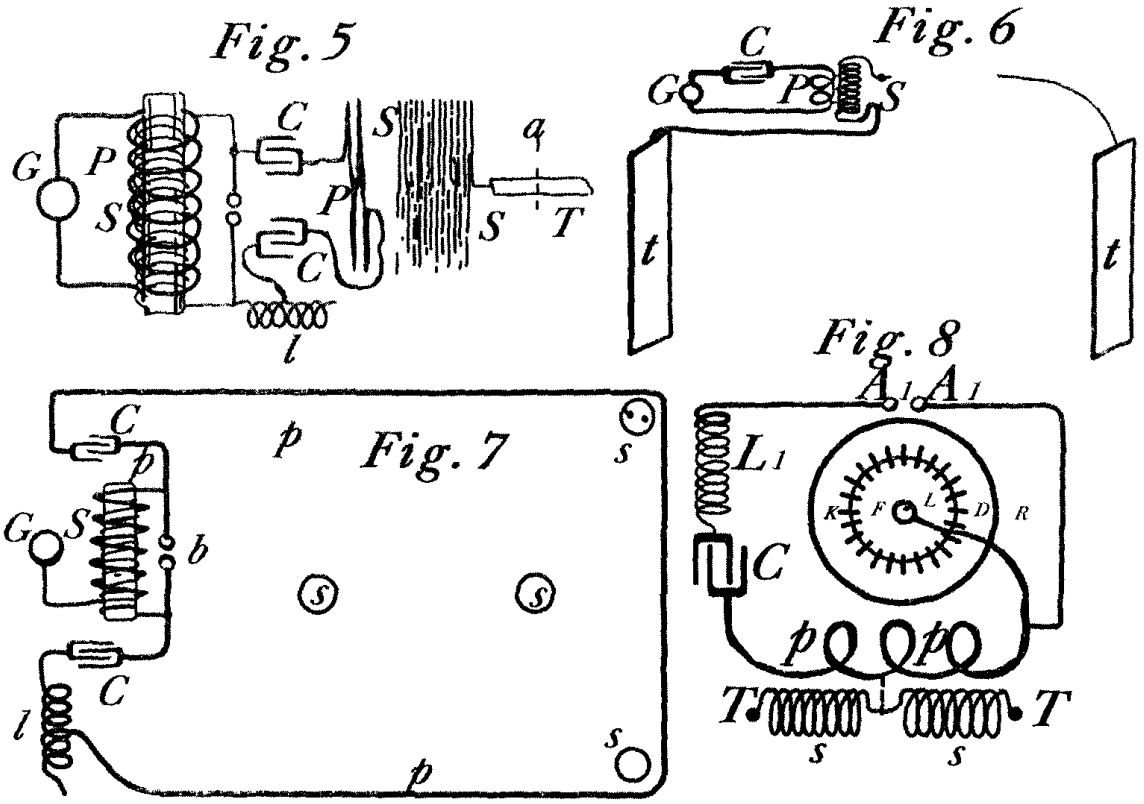


Рис. 5, 6, 7, 8.

одно, которое можно использовать в самых разных областях. Это — способность передачи большого количества электрической энергии телу, которое полностью изолировано от окружающего мира. Осуществимость такого способа передачи энергии, который уже находит себе полезное применение и, очевидно, в недалеком будущем приобретет большое значение, уже помогла развеять устаревшие взгляды, предполагающие необходимость наличия обратной цепи для передачи сколь-нибудь значительного количества электрической энергии.

С новыми устройствами мы можем передавать по проводу, изолированному с одного конца, электрический ток такой силы, чтобы можно было расплавить его, или передать по проводу любое количество энергии изолированному телу. Этот способ применения тока высокой частоты в медицинских целях, как мне представляется, открывает перед медиками огромные перспективы. Результаты, полученные таким способом, обладают свойствами, которые резко отличаются от тех, которые наблюдались при применении электрического тока вышеупомянутым, или схожим образом.

Обычно используемая электрическая цепь представлена в схематическом виде на Рис. 5., которая, в отличие от ранее представленных схем не требует разъяснений. Предпочтительно, чтобы конденсаторы *C C*, соединенные последовательно, заряжались от повышающего трансформатора, однако, генератор переменного тока высокой частоты (альтернатор), электростатическая машина, или генератор постоянного тока, если он вырабатывает достаточно высокое

напряжение, при котором можно использовать конденсаторы малой емкости, могут также использоваться с большим или меньшим успехом. Первичная цепь *p*, через которую проходят высокочастотные разряды конденсаторов, состоит из небольшого числа витков кабеля с минимально возможным сопротивлением. Желательно, чтобы вторичная цепь *s* располагалась на некотором расстоянии от первичной, дабы способствовать свободе колебаний. Один конец вторичной цепи *s* — тот, который расположен ближе к первичной — заземлен, а другой конец ведет к изолированной клемме *T*, с которой соприкасается тело пациента.

Это имеет большое значение в случаях (как, например, в данном), когда требуется синхронизовать колебания между первичной и вторичной цепями *p* и *s* соответственно. Как правило, наилучший эффект достигается путем изменения величины самоиндукции цепи, включающей первичный контур, или катушку *p*. Регулятор самоиндукции *e* предназначен именно для этих целей. Однако в случаях, когда электродвижущая сила генератора исключительно высока, как в случае, когда используется электростатическая машина, а конденсатор, состоящий только из двух пластин, имеет значительную емкость, добиться такого же результата проще путем изменения расстояния между пластинами.

Когда первичные и вторичные колебания плотно синхронизованы, наивысший потенциал образуется на части клеммы *T*, откуда, в основном, и происходит отбор энергии. Подключение тела пациента к клемме в большинстве случаев существенно влияет на период колебаний во вторичном контуре, делая их более длительными, что каждый раз вызывает необходимость проведения определенной дополнительной настройки первичного контура, в зависимости от емкости тела пациента, подключенного к клемме *T*. Необходимо постоянно поддерживать синхронизацию, а устанавливать требуемую интенсивность воздействия можно помещая вторичную катушку ближе, или дальше от первичной. Я не знаю какого-либо другого метода, который позволял бы повергнуть тело пациента столь интенсивному воздействию электрической энергией, кроме этого, а также метода, который позволял бы подавать на, или снимать с тела электрическую энергию не нанося тем самым серьезного вреда. Я также не знаю методов, которые бы по своим результатам хотя бы отдаленно приближались к тем, которые достигаются в результате применении электрической энергии именно таким способом. Совершенно очевидно, что поверхность тела является самым большим участком, служащим для передачи электрического тока, а точнее электрической энергии. Если использовать очень частые и плавные прерывания в работе, то, я думаю, что возможно без отрицательных последствий подавать на тело человека и снимать с него в пространство энергию, мощностью в несколько лошадиных сил, а энергия, малой мощности, использованная другими способами, и вовсе не причинит вреда.

Когда человек играет роль катушки, и при условии, что все настройки выставлены точно и правильно, в темноте видны светящиеся лучи, исходящие ото всех частей его тела. Если частота прерывания очень высока, и работа устройства *b* (Рис. 5) не несет в себе никакой беспорядочности, то видны короткие лучи с мягким свечением, однако, если частота прерывания низкая, или устройство функционирует не совсем правильно, то лучи длинные и яркие, и вызывают некоторый дискомфорт. Физиологические эффекты, возникающие в результате действия аппарата такого вида, варьируются от едва заметного, когда вторичная катушка расположена на большом расстоянии от первичной, до очень сильного, когда обе катушки находятся на малом расстоянии друг от друга. В последнем случае, достаточно нескольких секунд, чтобы вызвать жар во всем теле, а затем и обильное потоотделение. Во время показов друзьям, я неоднократно подвергал себя длительному воздействию электромагнитными колебаниями, и каждый раз через час, или около того, на меня накатывалась огромная усталость, которой я затрудняюсь дать объяснение. Эта усталость оказывалась намного сильнее, нежели та, которую я испытывал после усиленных и продолжительных физических нагрузок. Я едва мог сделать шаг, а держать глаза открытыми мне удавалось с большим трудом. Я спал как убитый, последующий эффект имел несомненно положительное воздействие, но врач категорически запретил часто использовать эту процедуру.

Существует несколько причин, по которым следует быть весьма осторожным при выполнении данного эксперимента. На поверхности кожи и под ней, где и происходят наиболее интенсивные процессы, формируются различные химические соединения, в основном озоновые и азотные. Последние обладают довольно сильными разрушительными свойствами. Это свойство наглядно подтверждается тем фактом, что резиновое изоляционное покрытие провода, применяемого при подобных экспериментах, очень быстро разрушается. Азотные соединения во влажной среде содержат в большом количестве азотную кислоту, которая при большой концентрации может нанести повреждения коже. До сих пор я не отмечал повреждения, появления которых непосредственно связаны с данными экспериментами. Однако в нескольких случаях появлялись ожоги во всех отношениях схожие с ожогами, которые позже были замечены и квалифицированы как образовавшиеся в результате воздействия рентгеновскими лучами. Затем от этой точки зрения отказались, поскольку она не нашла себе подтверждения фактами, полученными в результате экспериментов, как и не нашло подтверждение мнение, что рентгеновские лучи представляют собой поперечные колебания.

Но поскольку изыскания в этой области уже начались, то любые результаты помогут исследователям сориентироваться в этом вопросе. Данное положение вещей затрудняет развитие в этих новых областях, а также делает и без того нелегкую задачу, стоящую перед медиками, еще более сложной и запутанной.

Пара наблюдений, сделанных во время проведения экспериментов с вышеописанными аппаратами, могут оказаться достойными чести быть здесь упомянутыми. Как указывалось ранее, когда колебания в первичной и вторичной цепях синхронизованы, точки наибольшего потенциала расположены на части клеммы T. При установленной полной синхронизации и при длине вторичной катушки равной одной четверти длины волны, эти точки, несомненно, окажутся на свободном конце клеммы T, а это означает, что одна из них окажется дальше от конца провода, прикрепленного к клемме. Если это так, и если при этом сокращается период колебаний на первичной катушке, то точки наибольшего потенциала сместятся в направление вторичной катушки, поскольку длина волны уменьшилась, а заземление одного конца вторичной катушки определяет положение узловых точек, которые являются точками с наименьшим потенциалом. Таким образом, изменяя период колебаний первичного контура любым способом, точки наибольшего потенциала можно перемещать вдоль клеммы T, которые на рисунке для большей наглядности намеренно расположены далеко друг от друга. Разумеется, такое же явление возникает, когда тело пациента соприкасается с клеммой, а ассистент может передвигая ручки перемещать точки с наивысшим потенциалом вдоль тела пациента с необходимой скоростью. Когда действие катушки сильное, место наивысшего потенциала определяется довольно легко по возникающим неприятным ощущениям или боли. Довольно любопытно ощущать, как боль перемещается вверх и вниз, вдоль тела, или с одной руки на другую подчиняясь движению рукоятки управления колебаниями, если, конечно катушка надлежащим соответствующим образом. Тем не менее, мне не приходилось наблюдать каких-либо специфических результатов во время проведения экспериментов подобного рода, но я всегда чувствовал, что этому эффекту можно найти ценное применение в области электротерапии.

Другое наблюдение, которое обещает принести куда более значительные результаты, состоит в следующем: как было отмечено выше и подкреплено результатами практических испытаний, таким способом тело человека без какого-либо ущерба для здоровья может быть подвергнуто глубокому и всестороннему воздействию электрическим током, напряжением до нескольких миллионов вольт, вырабатываемых обычным аппаратом. Если токопроводящее тело наэлектризовать до весьма значительной степени, то маленькие частички, которые могут быть накрепко приклеены к его поверхности, отлетают от нее в такой силой, о величине которой можно только догадываться. Я полагаю, что при этом отлетают не только крепко прилипающие материалы, как, например, краска, но и частички твердых металлов. Предполагалось, что такие операции можно производить только в вакуумной среде, однако при наличии достаточно мощной катушки добиться подобного результата можно было бы и в обычной атмосфере. Учитывая эти факты, можно надеяться, что данный эффект, которому я уже нашел полезное

применение в других сферах, будет востребован и в области электротерапии. Постоянные модернизации инструментов и дальнейшее изучение данного явления могут вскоре привести к образованию нового направления в области гигиены, которое позволило бы производить мгновенное очищение кожи человека, просто подключая его к источнику мощных электромагнитных колебаний, или даже помещая его вблизи этого источника. В мгновение ока от кожи отлетела бы пыль, или прилипшие частички любых других чужеродных веществ. Подобная процедура, введенная в повседневный обиход, несомненно, внесла бы неоценимый вклад в гигиену человека. Высоко эффективные и быстрые процедуры смогли бы заменить собой процесс мытья в ванной, что по достоинству оценили бы те, кто пытается взять на себя больше, чем может выполнить.

Высокочастотные импульсы порождают мощный индукционный эффект, и благодаря этой особенности им находят все новые и новые способы применения в электротерапии. Индукционный эффект бывает либо электростатический, либо электродинамический.

Электростатический эффект очень быстро — квадратично — падает с увеличением

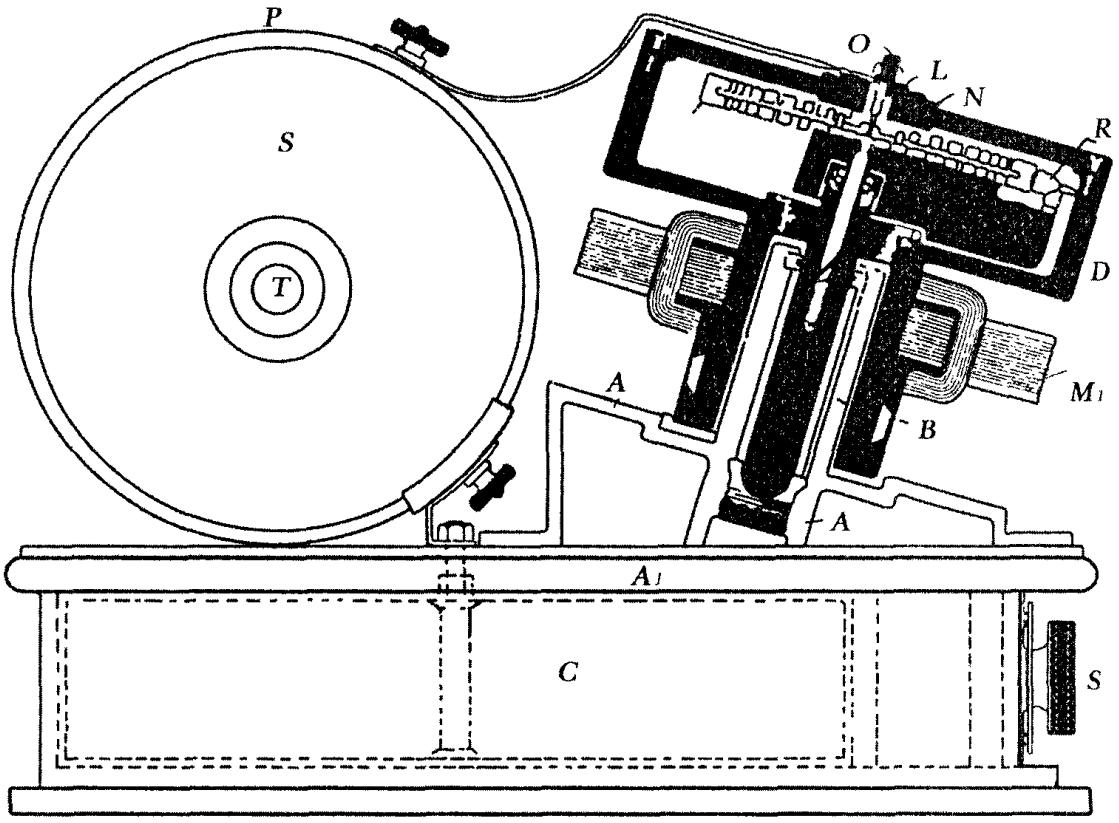


Рис. 9.

расстояния, тогда как электродинамический эффект падает пропорционально увеличению расстояния. С другой стороны, первый усиливается квадратично в зависимости от интенсивности источника колебаний, тогда как последний усиливается просто пропорционально усилению источника. Оба эти эффекта могут быть использованы для создания мощного поля, охватывающего значительное пространство, например, большой зал. Подобные установки могут использоваться в больницах или других медицинских учреждениях, где возникает необходимость проводить одновременное лечение множества пациентов.

Рис. 6 иллюстрирует мой первоначальный вариант установки такого электростатического поля. На данной схеме: *G* — генератор тока очень высокой частоты, *C* — конденсатор для погашения самоиндукции цепи, которая включает в себя первичный контур *P* индукционной катушки, вторичный контур *S*, к клеммам которого подсоединены две пластины *t t*, имеющие большие контактные поверхности. При соблюдении хорошо известных настроек возникает очень сильное поле между пластинами, а тело человека подвергается воздействию быстрых

изменений потенциала и импульсов перенапряжения тока, которые даже на большом расстоянии дают физиологический эффект. Во время моих первых экспериментов, как показано на рисунке, я использовал две металлические пластины, однако, позже я предпочел им две полые латунные сферы, покрытые воском, толщиной около двух дюймов. Кабели, идущие к клеммам вторичной катушки, были покрыты воском примерно так же. Таким образом, обеспечивалась возможность подхода к ним без риска получить травму от электрического удара, которому подвергался экспериментатор в случае использовании пластин.

На Рис. 7 изображена схема схожего использования динамического индукционного эффекта тока высокой частоты.

Поскольку частота тока, вырабатываемая альтернатором, не настолько высока, как требуется, приходится использовать конденсаторы. Нижеприводимое описание позволит легко понять эту схему. Следует только отметить, что первичный контур *p*, через который происходит разрядка конденсаторов, охватывает все помещение зала, и выполнен из толстого кабеля с низкой самоиндукцией и сопротивлением. Можно задействовать любое количество вторичных катушек *S S S*, каждая из которых содержала бы только один слой достаточно толстого провода. Вполне реально подключить около сотни таких катушек таким образом, чтобы каждая из них соответствовала бы определенному периоду и реагировала бы на строго определенные колебания, производимые первичной катушкой. Такую установку я использовал в своей лаборатории с 1892 года, и она неоднократно доставляла удовольствие моим гостям, и при практическом использовании показала себя с самой лучшей стороны. В последнем случае, я имел честь привлечь к участию в экспериментах нескольких членов Ассоциации. Пользуясь случаем, хочу выразить им глубокую благодарность за интерес, проявленный к моей работе, а также выразить признательность Ассоциации за проявленную любезность. С тех пор мой аппарат подвергся весьма значительным изменения в лучшую сторону, и в настоящее время в лаборатории я могу создать индукционное поле такой интенсивности, что катушка диаметром в три фута, при соблюдении соответствующих настроек, выделяет энергию мощностью около одной четверти лошадиной силы вне зависимости от того, в какой точке пространства, ограниченного первичными контурами, она находится. На протяжении последних лет я часто был вынужден демонстрировать эксперименты на публике, однако, при всем моем желании и далее откликаться на подобного рода предложения, необходимость продолжить интенсивную работу, вынуждает меня отвечать отказом. И это принесло свои плоды: медленное, но устойчивое улучшение деталей аппарата, которые, надеюсь, в ближайшем будущем я смогу описать во всех подробностях.

Однако могут возникать и довольно необычные электродинамические эффекты, которые, как я уже отмечал ранее, могут усиливаться при усилении поля в очень малом пространстве. Известно, и это также отмечалось ранее, что если поддерживать электродвижущую силу величиной в несколько тысяч вольт между двумя точками токопроводящего бруска или петли длиной всего лишь в несколько дюймов, то в проводниках, расположенных рядом с ними, возникает электродвижущая сила примерно той же величины. И действительно, я обнаружил, что вполне возможно передавать таким способом электрический разряд в лампе, внутри которой вакуум. Несмотря на то, что необходимая величина электродвижущей силы составляла от десяти до двадцати тысяч вольт, в течение долгого времени я проводил эксперименты в этом направлении с целью добиться получения света новым, более экономичным способом. Но результаты испытаний не оставили сомнений в том, что такой способ освещения требует огромных энергетических затрат. Имея в своем распоряжении только мой аппарат, я сосредоточил свои усилия именно в этом направлении: поиске другого метода передачи электрической энергии. Спустя некоторое время (в июне 1891 г.) профессор Дж. Томсон описал эксперименты, которые были очевидным итогом длительных исследований, и предоставил много новой и интересной информации. Это побудило меня вернуться к изысканиям в этой области и продолжить свои эксперименты. Вскоре все мои усилия были сконцентрированы на получении в малом пространстве индуктивного поля наибольшей интенсивности. Постепенно внося усовершенствования в аппарат, я добился удивительных

результатов. Например, если конец тяжелого железного бруска поместить в контур, находящийся под высоким напряжением, то в течение несколько секунд брусок нагревается до высокой температуры. Даже тяжелые куски других металлов нагревались так быстро, как будто их помещали в печь. Когда поместили в контур свернутый в трубочку кусок оловянной пластины, то металл полностью оплавился. Это было сравнимо со вспышкой и не удивительно, что фрикционные потери, сконцентрированные в нем, возможно, достигали величины в десять лошадиных сил. Подобным же образом вели себя и многие другие токопроводящие материалы. А когда в контур поместили стеклянный сосуд, из которого был откачан воздух, то за несколько секунд стекло нагрелось почти до точки плавления.

Когда я впервые наблюдал это удивительное зрелище, я заинтересовался воздействием этого эффекта на живую ткань. Разумеется, я принял все, какие мог меры предосторожности, так как был осведомлен, что контуре диаметром всего несколько дюймов возникает электродвижущая сила величиной более чем в десять тысяч вольт, и такого напряжения более чем достаточно для того, чтобы вызвать ток, разрушающий живую ткань. Это доказывалось еще и тем, что предметы, обладающие сравнительно низкой электропроводностью, быстро нагревались и даже частично разрушались. Можете представить себе мое удивление, когда я обнаружил, что могу поместить руку, или другую часть своего тела в контур и удерживать ее там без какого-либо ущерба для себя. Побуждаемый желанием сделать новые и полезные наблюдения, я неоднократно с готовностью и бессознательно проводил эксперименты, сопряженные с некоторым риском, которого едва ли можно избежать в лабораторных работах. И хотя я всегда полагал, и пребываю в этой уверенности до сих пор, что никогда не предпринимал ничего более опасного, способного нанести вред моему здоровью, нежели то, что я поместил свою голову в пространство, где действовали столь разрушительные силы. Когда я сделал это, то ничего не почувствовал, затем повторил еще и еще раз — результат остался прежним. Но я твердо убежден, что проводить такой эксперимент чрезвычайно опасно, и если кто-либо зайдет в своих действиях хотя бы на шаг дальше меня, то вполне может причинить себе серьезный вред. Однако при определенных условиях может происходить то, что в схожей ситуации наблюдалось с вакуумной лампой. Если ее поместить в поле контура, находящегося под высоким напряжением, но слишком длинного, то ток при этом не образуется и лампа остается холодной и практически не потребляет энергию. Но в момент первого же изменения тока, большая часть энергии колебаний устремится к точке потребления. Если в результате каких-либо действий установится электропроводная цепь внутри живой ткани, или костях головы, то это неизбежно приведет к разрушению ткани и к смерти безрассудного экспериментатора. Такой способ убийства, если он окажется востребованным, должен быть абсолютно безболезненным. Однако почему же живая ткань остается неповрежденной в столь агрессивной среде? Можно сказать, что ток не проходит из-за сильной самоиндукции, продуцируемой массой с большой электропроводностью. Но это не аргумент, так как масса металла имеет значительно большую самоиндукцию и при этом нагревается. Тогда можно предположить, что причиной является высокое сопротивление ткани. Но и это не является причиной, поскольку все свидетельствует в пользу того, что живая ткань обладает достаточно хорошей электропроводностью, к тому же тела, обладающие примерно тем же сопротивлением, нагреваются до высокой температуры. Может быть причина безвредности осцилляции в отношение живой ткани кроется в ее в высшей степени специфическом нагревании. Но даже грубая количественная оценка результатов экспериментов, проведенных с другими телами, показывает, что эта точка зрения тоже ошибочна. Единственное правдоподобное объяснение, которое я мог бы предложить, заключается в том, что живая ткань является конденсатором. Только этим можно объяснить отсутствие вредного воздействия. Однако следует отметить, что как только образуется неоднородная цепь, к примеру, если взять в руки полосу металла и таким образом сформировать замкнутый контур, то становится ощутимым прохождение тока через руки и отчетливо проявляются другие физиологические эффекты. Разумеется, самое сильное поле возникает тогда, когда возбуждающий контур образован только одним витком проволоки, за исключением случаев, когда соединения составляют значительную часть всей длины цепи. В

этом случае экспериментатору следует установить минимально необходимое количество витков и ясно представлять себе, что он теряет при увеличении количества витков, и что приобретает от увеличения общей длины цепи. Необходимо понимать, что если возбуждающая катушка содержит значительное количество витков и имеет небольшую длину, то в этом случае могут преобладать эффекты электростатической индукции, а также между первым и последним витком может возникнуть большая разность потенциалов — сто тысяч вольт и более. Однако последний эффект присутствует всегда, даже если задействуется только один виток.

Когда человек помещается внутрь такого контура, любые кусочки металла, какими бы маленькими они ни были, нагреваются до ощутимой температуры

Без сомнения, они и должны нагреваться — особенно, если сделаны из железа — находясь внутри живой ткани, что может представлять собой иовый метод хирургического лечения. Возможно, таким образом можно будет стерилизовать раны, определять местонахождение и даже извлекать из тела металлические предметы, а также проводить другие хирургические операции.

Большинство из перечисленных результатов, а также многие другие, до сих пор рассматривающиеся как выдающиеся, стали возможны только благодаря использованию разряда конденсатора. Все это выглядит весьма правдоподобно, но даже среди тех, кто работает в этих областях, найдется немного специалистов, которые по достоинству оценили бы такой замечательный инструмент как конденсатор. Позвольте мне изложить идею этого эффекта. Возьмем некий конденсатор, достаточио маленький, чтобы он умещался в кармане, который при правильном использовании может создавать электрическое напряжение, при необходимости в сотни раз превосходящее то, что способны вырабатывать самые большие существующие электростатические машины. Либо возьмем тот же конденсатор и использовав его иным образом, получаем ток такой мощности, на фоне которого ток самого мощного сварочного аппарата, выглядит незначительным. Те же, кто заражен популярными идеями получения напряжения с электростатических машин, а электрического тока с коммерческих трансформаторов, будут поражены данным заявлением — убедитесь в истинности сказанного, увидев все это собственными глазами. Добиться таких результатов довольно легко, поскольку конденсатор может разряжаться в течение очень короткого промежутка времени. Ничего похожего на эти свойства физической науке не известно. Ни сжатая пружина, ни аккумуляторная батарея, ни любо другое устройство, способное сохранять энергию, не может делать того, что может конденсатор. В противном случае, с их помощью уже были бы созданы вещи, которые кажутся нам сейчас недостижимыми. Наиболее близким по свойствам конденсатору является динамит. Но даже самый мощный взрыв этого соединения, не идет ни в какое сравнение с мощностью разряда конденсатора. Давление, которое образуется в результате детонации химического соединения, измеряется в десятках тонн на квадратный дюйм, а то, что может произойти в результате разряда конденсатора, может измеряться в тысячах тонн на квадратный дюйм. И если бы был изобретен химический состав, который взрывался бы так же быстро, как разряжается конденсатор в условиях, вполне реализуемых на сегодняшний день, то одной унции этого вещества было бы достаточно, чтобы вывести из строя самый большой линкор.

Инструмент, обладающий такими выдающимися свойствами, может найти себе достойное применение в повседневной жизни. Я давно в этом убежден, и прекрасно понимаю, что предстоит преодолеть немало трудностей, прежде чем будут заменены ныне используемые несовершенные средства передачи электрической энергии. А трудности эти весьма многочисленны. Сами конденсаторы, производимые промышленным способом, неэффективны, проводники — неэкономны, лучшая изоляция — неадекватная, а условия для наиболее эффективного преобразования трудно создать и поддерживать. Одна трудность, тем не менее, оказалась более серьезной, чем другие и обнаружилась в устройствах, используемых для управления зарядкой и разрядкой конденсаторов. Я обратил на нее внимание, когда впервые описывал данную систему передачи электрической энергии. Им недоставало эффективности и

надежности, что угрожало возникновением серьезным неприятностей, и тем самым существенно ограничивало возможности использование системы, лишая ее многих ценных свойств. В течение многих лет я пытался справиться с этой проблемой, и за все это время проверил множество таких устройств. Многие из них, поначалу казавшиеся достаточно хорошими, на деле оказались не такими. Неохотно согласившись, я вернулся назад к идее, над которой работал задолго до этого. Я заменил обычные щетки и сегменты коммутатора на жидкие контакты. При этом я столкнулся с большими трудностями, но годы работы в лаборатории не были потрачены напрасно, и мне сопутствовал успех. Сначала было необходимо заставить циркулировать жидкость, но делать это помпой было непрактично. Мне пришла в голову счастливая идея сделать помповое устройство составной частью прерывателя цепи, поместив и то и другое в кожух, чтобы предотвратить окисление. Далее я представил себе простой способ поддерживания циркуляции, такой как вращение тела ртути. Затем я понял, как можно уменьшить износ и потери, которые все еще было немало.

Я опасаюсь, что это изложение, описывающее то, как много усилий тратилось на кажущиеся незначительными детали, не передает основную мысль, которую я хотел бы донести до Вас. Вынужден признать, что мое терпение находилось на пределе. Наконец, я был удовлетворен получившимся устройством, которое оказалось простым и надежным в эксплуатации, которое практически не требовало к себе внимания, и было способно эффективно преобразовывать значительные объемы электрической энергии при хорошей экономичности. Это не самое лучшее, что можно было сделать, но вполне удовлетворительно, и я чувствую, что справился с этой труднейшей задачей.

Теперь врачи смогут получить инструмент, удовлетворяющий многим требованиям. Они смогут использовать его при электротерапии в большинстве из вышеперечисленных случаев. В комплект прибора будут входить несколько катушек, которые будут пригодны для любых целей. Прибор сможет выдавать любой ток и любое напряжение. Каждая такая катушка будет состоять всего из нескольких витков провода, поэтому затраты на их производство будут довольно незначительны. Прибор также позволит генерировать рентгеновские лучи значительно большей мощности, чем те которые вырабатываются обычным аппаратом. Трубка должна поставляться от тех изготовителей, которые обеспечивают качество продукции, и позволяют концентрировать большее количество энергии на электродах. Как только это будет сделано, никаких помех не окажется на пути всестороннего и эффективного использования этого прекрасного открытия, которое должно в конце концов найти себе применение не только в руках хирурга, но и электротерапевта, и что наиболее важно, бактериолога.

Чтобы передать общую идею инструмента, в котором воплощены многие последние усовершенствования, я буду ссылаться на Рис. 9, иллюстрирующий основные части прибора. Показан вид сбоку и частично вид сверху в вертикальном поперечном разрезе. Расположение частей такое же, как и в предыдущих случаях. Только возбуждающая катушка с вибрирующим прерывателем заменена улучшенным прерывателем цепи, на который была сделана ссылка.

Это устройство включает в себя литую форму A с выступающей втулкой B, которая поддерживает свободно вращающийся вал a. На валу расположен якорь, помещенный в поле постоянного магнита M, а наверху находится полый железный шкив D, в котором и находится прерыватель цепи. Внутри вала a, концентрически по отношению к нему, установлен такой же, но меньшего размера вал b, также свободно вращающийся в шарикоподшипнике и поддерживающий груз E. Груз расположен с одной стороны, поэтому валы a и b отклонены от вертикали. Когда шкив вращается, груз остается неподвижным. Прикрепленное в грузу E устройство R, выполненное в форме ковша с очень тонкими стенками, суженого на ближнем к шкиву конце, и расширеного на противоположном. Небольшое количество ртути помещено в шкив, который вращается против узкого конца ковша. При этом часть жидкости забрасывается тонкой и широкой струей к центру шкива. Верхняя часть последнего герметично закрыта железной шайбой. Эта шайба удерживает на стальном пруте L диск F, сделанный из того же металла, что и шайба, с помощью большого числа тонких скользящих контактов K. Прут L

изолирован шайбами N от шкива, а для удобства заполнения ртутью предусмотрен маленький винт o. Болт L, представляющий собой одну из клемм прерывателя цепи, соединен медной полосой с первичным контуром p. Другой конец первичного контура ведет к одной из клемм конденсатора C, расположенного в отделении ящика A. Другие отделения ящика зарезервированы для выключателя S и места под инструменты. Другая клемма конденсатора подключается к литой форме A и через нее к шкиву D. Когда шкив вращается, скользящие контакты K начинают быстро двигаться к и от контакта вместе с потоком ртути, тем самым быстро замыкая и размыкая цепь. Такое устройство легко может производить десять тысяч прерываний в секунду и даже больше. Вторичный контур состоит из двух отдельных катушек. Они расположены так, что могут выскальзывать, а полоса металла в середине соединяет их с первичным контуром. Это сделано для того, чтобы предохранить вторичный контур от поломки, когда одна из клемм перегружается, как это часто случается в работающих рентгеновских лампах. Катушка такой формы может выдерживать значительно большую разность потенциалов, чем обычная катушка.

Сфера и якорь двигателя изготовлены из пластин, что позволяет использовать двигатель в цепях как постоянного, так и переменного тока. Валы установлены как можно ближе к вертикали — в таком положении им требуется меньше смазки. Таким образом, единственная деталь, которая требует к себе некоторого внимания, — это коммутатор двигателя, однако, при наличии постоянного источника переменного тока, возможные проблемы отпадают сами собой.

Соединения цепи данного устройства уже были продемонстрированы, а режим работы описан в периодической печати. Обычный способ соединения отображен на Рис. 8, где $A_2 A_2$ — клеммы питающей цепи, L — самоиндукционная катушка для повышения напряжения, которая последовательно соединена с конденсатором C и первичным контуром P P. Оставшиеся литеры обозначают соответствующие части устройства, изображенного на Рис.9.

НИКОЛА ТЕСЛА

ЛЕКЦИИ * СТАТЬИ

Tesla Print
Москва
2003

Посвящение к Белградскому изданию 1956 г.:

Югославский Национальный Комитет по Празднованию Столетия со Дня Рождения Николы Теслы и Музей Николы Теслы в Белграде считают публикацию научных трудов Николы Теслы почетной обязанностью по отношению к великому ученому и изобретателю, науке и человечеству. И выполнить ее оказалось намного легче благодаря тому счасливому обстоятельству, что в соответствии с волей Теслы все его труды были собраны в Музее Николы Теслы в Белграде. К сожалению, в нашем распоряжении не было одной части документов Николы Теслы, той, которая касается первого периода его творческой активности, которая была утеряна, когда его лаборатория погибла в огне. Большая часть документов, которые есть в нашем распоряжении, еще не изучена. Отобранные для настоящей публикации документы печатаются не только как яркое доказательство важной научной работы Теслы, которая составляет фундамент современной электротехники, но они также служат отчетливым указателем для нынешнего и будущих поколений изобретателей во всех областях науки и техники, где Никола Тесла достиг столь великих результатов.

Президент
Югославского Национального Комитета
по Празднованию Столетия
со Дня Рождения Николы Теслы

Родолюб Голякович

ПРЕДИСЛОВИЕ к Белградскому изданию*

Никола Тесла родился в Смилянах, Провинция Лика, в Югославии 10 Июля 1856 г. С 1862 по 1874 он посещал начальную и средняя школу в Смиляне и Госпице, и высшую школу в Карловах. С 1875 по 1878 он обучался в Передовой Технической Школе в Граце и закончил свое обучение в Университете в Праге в 1880.

С 1876 года, будучи студентом в Граце, Тесла заинтересовался созданием мотора без коллектора. В Феврале 1882, в Будапеште, он открыл принцип вращающегося магнитного поля. В 1883, в Страсбурге, он сделал первые модели индукционных моторов. На следующий год Тесла уехал в Соединенные Штаты Америки, где в течение короткого времени работал в Лаборатории Эдисона. Позднее, в 1885, он основал в Нью-Йорке предприятие "Tesla Arc Light Company". После основания компании "Tesla Electric Company" в 1887 Тесла смог получить необходимые финансовые и материальные ресурсы, которые требовались для реализации его изобретения полифазной системы передачи энергии и для индукционных моторов высокой эффективности.

После получения первоначальных патентов на асинхронный мотор и полифазную систему для передачи электрической энергии 12 Октября 1887, Тесла получил за период с 1887 по 1891 следующий ряд из 40 патентов в той же области. Полифазная система передачи энергии была применена в 1891 в гидроэлектростанции на Ниагарском Водопаде, первые три агрегата которой начали работать в 1896 с совокупной мощностью в 15,000 лошадиных сил.

Во второй половине 1890 Тесла начал работу в области токов высокой частоты, построив машины генераторы с частотой до приблизительно 30 кГц. В 1891 он изобрел трансформатор для получения токов высокой частоты и высокого напряжения, который позднее стал известен как "трансформатор Теслы". Тесла изложил результаты, достигнутые в области токов высокой частоты, в своих известных лекциях, которые он прочел за период между 1891 и 1893 годами. Работа в этой области была временно прервана из-за пожара в лаборатории Теслы 13 Марта 1895.

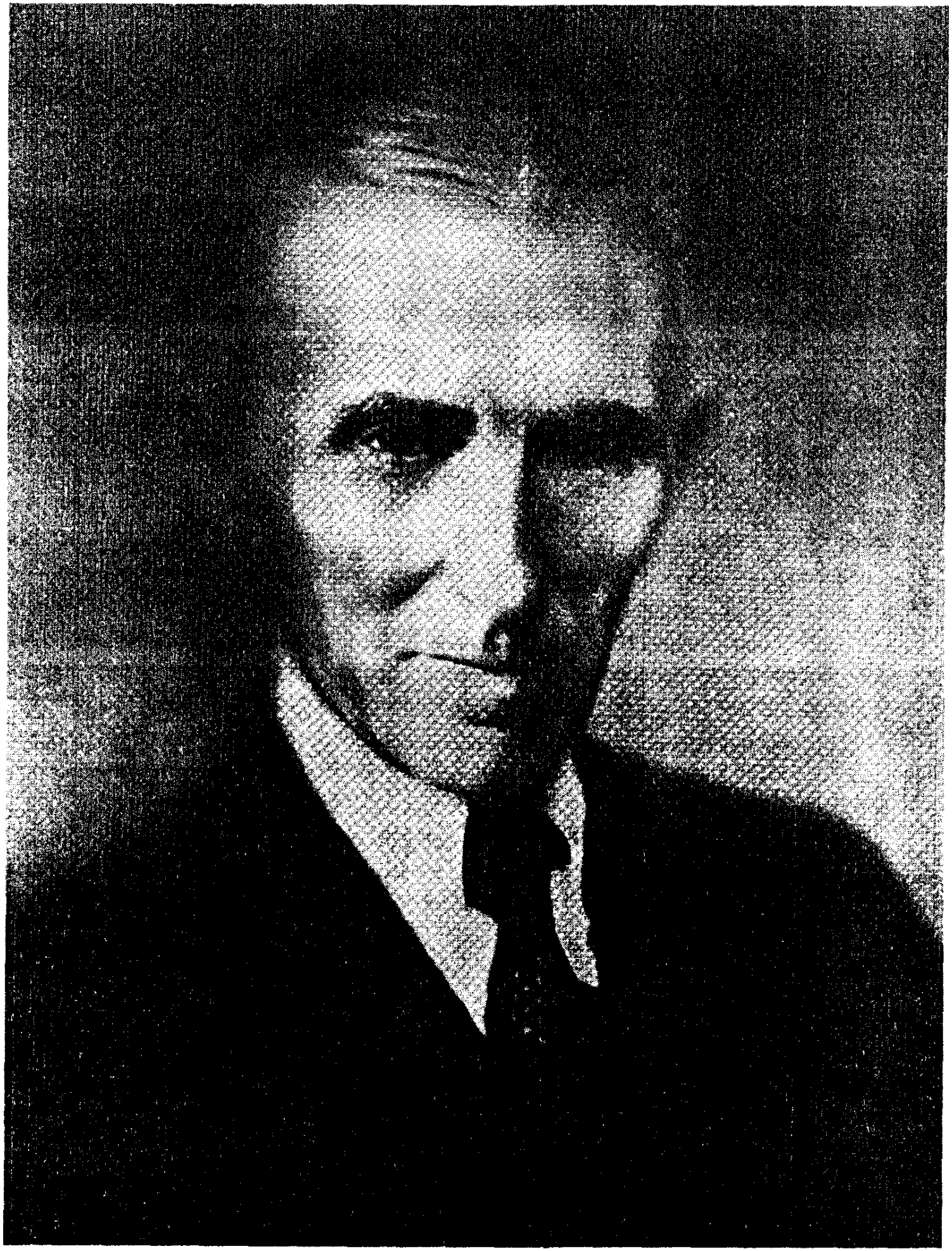
После постройки новой лаборатории в 1896 Тесла вновь возобновил свою работу, и с 1896 по 1914 он опубликовал ряд новых изобретений, которые положили начало современной радиотехнике. Особенно важно было открытие четырех резонансных цепей, лежащих в основе радиопередачи. Создание в течение 1899 большой радиостанции на 200 кВт в Колорадо позволило Тесле применить принципы и идеи, выдвинутые в его лекциях в 1892 и 1893.

Весной 1898 Тесла построил радио-управляемую модель корабля, и 1 Июля 1898 получил патент, относящийся к управлению на расстоянии посредством радио движущихся судов и транспортных средств. Этим изобретением он заложил основу беспроводной телемеханики. Он представил результаты своей работы в статье, озаглавленной "Проблема Увеличения Человеческой Энергии", опубликованной в Июне 1900.

Тесла с его чрезвычайно важными открытиями и изобретениями занимает одно из выдающихся мест в истории современной науки и техники. За свои научные достижения Никола Тесла получил заслуженное и почетное признание многих известных научных

---

* В настоящее издание не вошла составляющая около половины объема оригинальной книги часть «Патенты», представляющая, безусловно, большой интерес, ввиду чрезвычайной трудоемкости приведения переводов патентов того времени к понятному виду для современного читателя. Возможно, она будет издана позднее, пока же мы можем лишь отослать заинтересованного читателя к оригиналу. (прим. изд.)



Nikola Tesla

организаций и знаменитых ученых во всем мире. Докторская степень была присвоена ему университетами:

Сорбонны (Париж), Колумбии, Вены, Праги, Белграда, Загреба, Йеля, Небраски, Гренобля, Брно, Бухареста, Граца, Софии, и др.

7 Января 1943 он умер в Нью-Йорке, где провел самый долгий период своей жизни.

Цель этой книги - познакомить читателя с наиболее важными работами Николы Теслы во многих областях науки, которой он посвятил себя. Тесла обнародовал свои изобретения в лекциях, прочитанных во многих научных организациях, получал на свои многочисленные изобретения патенты, и писал статьи в различных газетах и журналах. И следуя ему, книга состоит из трех частей: лекции, патенты и статьи.

Первая часть книги содержит в хронологическом порядке пять из наиболее важных лекций Николы Теслы. Самая важная - классическая лекция: "Новая Система Трансформаторов и Моторов Переменного Тока", прочитана перед AIEE (Американским Обществом Инженеров Электротехников - The American Institute of Electrical Engineers) 16 Мая 1888, в которой Тесла объяснил принципы его знаменитого индукционного мотора. Другая важная лекция, включенная в эту книгу, это "Эксперименты с Переменными Токами Очень Высокой Частоты и Их Применение к Методам Искусственного Освещения", прочитанная перед AIEE 20 Мая 1891. "Эксперименты с Переменными Токами Очень Высокой Частоты", прочитанная для Общества Инженеров Электротехников и Королевским Обществом в Лондоне в Феврале 1892, соответственно, 3, 4 и 19 числа. "О Свете и Других Явлениях Высокой Частоты, прочитанная перед Институтом Франклина, Филадельфия, 24 Февраля 1893, и еще раз, перед Национальной Ассоциацией Электрического Света, Сент Луис, в Марте того же года. В этих лекциях Тесла рассказывал о своих достижениях в области высоких частот и высоких напряжений. Эта часть книги заканчивается лекцией "Высокочастотные Осцилляторы для Электро-Терапевтических и Других Целей", прочитанная перед Американской Электро-Терапевтической Ассоциацией в Буффало, 13 Сентября 1898.

Вторая часть этой книги посвящена патентам Николы Теслы, избранными из множества патентов, зарегистрированных в Патентном Ведомстве Соединенных Штатов Америки. Эти патенты разбиты на группы, каждая из групп упорядочена в порядке регистрации. В первой группе собрано 25 патентов на электрические моторы и генераторы, вторая группа содержит 9 патентов на передачу электрической энергии. Затем следуют группа из 6 патентов на решение определенных проблем освещения. Затем 17 патентов на контроллеры и высокочастотные устройства, и группа из 12 патентов из области радио-техники. После ряда важных патентов на радио-управление и группы из 5 патентов на турбины и аналогичные устройства, эта часть книги завершается группой из 11 патентов на решение различных проблем, вызывавших интерес Теслы.

Третья часть этой книги, содержащая избранные научные и технические статьи Николы Теслы, также поделена на группы. Статьи Теслы представлены в порядке их публикации. Первая группа из 17 статей относится к работе Теслы в области Рентгеновских лучей, осциллятора Теслы, токов высокой частоты, электрических машин, электрического разряда в трубках, и заканчивается статьей о телефотографии. Вторая группа этой части состоит из 8 статей, касающихся воззрения Теслы на мир и его мнений о будущем электричества, где он обсуждаст как технические, так и общие проблемы, представляющие интерес для человечества. Эта часть оканчивается собственным биографическим очерком Теслы.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИИ

1. Новая Система Трансформаторов и Моторов Переменного Тока L-1
Лекция прочитана перед AIEE 16 Мая 1888.

2. Эксперименты с Переменными Токами Очень Высокой Частоты и Их Применение к Методам Искусственного Освещения L-15
Лекция прочитана перед AIEE 16 Мая 1888.

3. Эксперименты с Переменными Токами Очень Высокой Частоты L-48
Лекция прочитана перед AIEE 16 Мая 1888.

4. О Свете и Других Явлениях Высокой Частоты L-107
Лекция прочитана перед Институтом Франклина, Филадельфия, в Феврале 1893, и перед Национальной Ассоциацией Электрического Света, Сент Луис, в Марте 1893.

5. Высокочастотные Осцилляторы для Электро-Терапевтических и Других Целей L-156
Лекция прочитана перед Американской Электро-Терапевтической Ассоциацией, Буффало, 13 Сентября 1898.

СТАТЬИ

I НАУЧНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАТЬИ

1. Явления Переменных Токов Очень Высокой Частоты A-3
(The El. World, Febr. 21, 1891).

2. Электролитические Часы. A-12
(The El. Engineer, May 6, 1891).

3. Приборы Электростатической Генерации Переменного Тока A-14
(The El. Engineer, May 6, 1891).

4. Электрический Разряд Вакуумных Трубках. A-16
(The El. Engineer, July 1, 1891).

5. Заметки об Униполярном Динамо A-22
(The El. Engineer, Sept. 2, 1891).

6. О Рентгеновских Лучах A-27
(El. Rev. March. 11, 1896).

7. Об Отраженных Рентгеновских Лучах A-34
(El. Rev. April 1, 1896).

8. О Рентгеновских Излучениях. A-39
(El. Rev. April 8, 1896).

9. Исследования Рентгеновского Луча. A-43
(El. Rev. April 22, 1896).

10. Интересное Свойство Излучений Х-Лучей. A-49
(El. Rev. July 8, 1896).

11. Рентгеновские Лучи или Потоки. A-51
(El. Rev. August 12, 1896).

12. О Рентгеновских Потоках. A-56
(El. Rev. December 1, 1896).

13. О Вредоносных Воздействиях Трубок Ленарда и Рентгена A-62
(El. Rev. May 5, 1897).

14. Об Источнике Рентгеновских Лучей, и Практической
Конструкции и Безопасной Работе Трубок Ленарда A-69
(El. Rev. August 11, 1897).

15. О Прерывателях Тока. A-76
(El. Rev. March 15, 1899).

16. Электрические Осцилляторы. A-78
(El. Experimenter, July 1919).

17. Достижения в Практике и Искусстве Телефотографии. A-94
(El. Rev. Dec. 11, 1920).

II СТАТЬИ О НЕКОТОРЫХ ОБЩИХ ВОПРОСАХ

1. Об Электричестве. A-101
(El. Rev. Jan. 27, 1897).

2. Проблема Увеличения Человеческой Энергии. A-109
(The Century Illustrated Monthly Magazine, June 1900).

3. Передача Электрической Энергии Без Проводов A-153
(Electr. World and Eng. March 5, 1904).

4. Наука и Открытия - великие Силы, которые приведут к Концу Войны. A-162
(The Sun. Dec. 20, 1914).

5. Как Космические Силы Формируют Наши Судьбы A-172
(New York American, Febr. 7, 1915).

6. Волшебный Мир, Который Создаст Электричество A-177
(Manufacturer's Record, Sept. 9, 1915).

7. Электрический Привод для Военных Кораблей. A-185
(New York Herald, Febr. 25, 1917).

III АВТОБИОГРАФИЧЕСКАЯ СТАТЬЯ

1. Некоторые Личные Воспоминания. A-195
(Scientific American, June 5, 1915).

ФОТОГРАФИИ

Неизвестная рукопись Никола Тесла

Содержание:

- ***Предисловие***
- ***Вы ошибаетесь, мистер Эйнштейн - эфир существует!***
- ***Тайна, моего изобретения, умрёт вместе со мной.***
- ***Летательная машина***
- ***Послесловие***
- ***Послесловие 2***

Этот материал прислал Шапкин Михаил (г.Ташкент)

Предисловие

Эту рукопись, дал мне мой знакомый. Он был в США, и на уличной распродаже в Нью-Йорке, купил себе старый пожарный шлем. Внутри этого шлема, видимо в качестве подкладки, лежала старая тетрадь. Тетрадь была с тонкими обгоревшими обложками, и от неё пахло плесенью. Её пожелтевшие листы, были исписаны выцвевшими от времени чернилами. В некоторых местах, чернила так сильно выцвели, что буквы едва угадывались на пожелтевшей бумаге. Кое-где, большие участки текста были совершенно испорчены водой, и представляли из себя, светлые чернильные пятна. К тому же, края у всех листов обгорели и некоторые слова исчезли безвозвратно.

Из перевода, я сразу понял, что эта рукопись принадлежит известному изобретателю Николе Тесле, который жил и работал в США. Много труда, было потрачено на обработку переведённого текста, кто работал с компьютерным переводчиком, тот хорошо поймёт меня. Много проблем, было из за потерянных слов и предложений. Много мелких, но может быть очень важных деталей, этой рукописи, я так и не понял.

Надеюсь, что эта рукопись, приоткроет вам некоторые загадки истории и мироздания.

Вы ошибаетесь, мистер Эйнштейн - эфир существует!

Н.Тесла

==========

Вы ошибаетесь, мистер Эйнштейн - эфир существует!
Сейчас много говорят о теории Эйнштейна. Этот молодой человек доказывает,
что никакого эфира нет, и многие с ним соглашаются. Но, по-моему, это ошибка. Противники эфира, в качестве доказательства, ссылаются на эксперименты Майкельсона-Морли, которые пытались обнаружить движение Земли, относительно неподвижного эфира. Их эксперименты закончились неудачей, но это ещё не означает, что эфира нет. Я, в своих работах, всегда опирался на существование механического эфира и поэтому добился определённых успехов.
Что представляет из себя эфир, и почему, его так трудно обнаружить? Я долго думал, над этим вопросом, и вот к каким выводам я пришёл: Известно,
что чем плотнее вещество, тем выше скорость распространения в нём волн.
Сравнивая скорость звука в воздухе, со скоростью света, я пришёл к выводу,
что плотность эфира в несколько тысяч раз больше плотности воздуха. Но,
эфир электрически нейтрален, и поэтому он очень слабо взаимодействует с
нашим материальным миром, к тому же, плотность вещества, материального мира, ничтожна, по сравнению с плотностью эфира. Это не эфир бесплотен -
это наш материальный мир, является бесплотным для эфира.
Несмотря на слабое взаимодействие, мы всё же ощущаем присутствие эфира.
Пример такого взаимодействия, проявляется в гравитации, а также, при резком ускорении или торможении. Я думаю; что звёзды, планеты и весь наш
мир возникли из эфира, когда по каким то причинам, часть его стала менее
плотной. Это можно сравнить с образованием пузырьков воздуха в воде, хотя
такое сравнение очень приближённое. Сжимая наш мир, со всех сторон, эфир
пытается вернуться в первоначальное состояние, а внутренний электрический
заряд, в веществе материального мира, препятствует этому. Со временем, потеряв внутренний электрический заряд, наш мир будет сжат эфиром и сам
превратится в эфир. Из эфира вышел - в эфир и уйдёт.
Каждое материальное тело, будь то Солнце или самая маленькая частица, это
область пониженного давления в эфире. Поэтому, вокруг материальных тел,
эфир не может оставаться в неподвижном состоянии. Исходя из этого, можно

объяснить, почему эксперимент Майкельсона-Морли закончился неудачно. Что бы понять это, перенесём эксперимент в водную среду. Представьте, что вашу лодку крутит в огромном водовороте. Попробуйте, обнаружить движения воды относительно лодки. Вы не обнаружите никакого движения, так как скорость движения лодки, будет равна скорости движения воды. Заменив в своём воображении лодку Землёй, а водоворот - эфирным смерчем, который вращается вокруг Солнца, вы поймете, почему эксперимент Майкельсона-Морли окончился неудачно.

В своих исследованиях, я всегда придерживаюсь принципа, что все явления в природе, в какой бы физической среде они не происходили, проявляются всегда одинаково. Волны есть в воде, в воздухе... а радиоволны и свет - это волны в эфире. Утверждение Эйнштейна, о том, что эфира нет, ошибочно.

Трудно представить себе, что радиоволны есть, а эфира - физической среды, которая переносит эти волны, нет. Эйнштейн, пытается объяснить движение света, в отсутствии эфира, квантовой гипотезой Планка. Интересно, а как Эйнштейн, без существования эфира, сможет объяснить шаровую молнию? Эйнштейн говорит - эфира нет, а сам, фактически доказывает его существование.

Взять хотя бы, скорость распространения света. Эйнштейн заявляет - скорость света не зависит от скорости движения источника света. И это правильно. Но это правило, может существовать, только тогда, когда источник света, находится в определённой физической среде (эфире), которая, своими свойствами, ограничивает скорость света. Вещество эфира, ограничивает скорость света так же, как вещество воздуха, ограничивает скорость звука. Если бы эфира не было, то скорость света сильно зависела бы, от скорости движения источника света.

Поняв, что такое эфир, я стал проводить аналогии между явлениями в воде, в воздухе, и в эфире. И тут произошёл случай, который очень помог мне в моих исследованиях. Как-то раз, я наблюдал, как один моряк курил трубку. Он выпускал, изо рта, дым, маленькими кольцами. Кольца табачного дыма, прежде чем разрушиться, пролетали довольно значительное расстояние. Потом, я провёл исследование этого явления в воде. Взяв металлическую банку, я вырезал с одной стороны небольшое отверстие, а с другой стороны натянул тонкую кожу. Налив в банку немного чернил, я опустил её в бассейн с водой.

Когда я резко ударял пальцами по коже, из банки вылетали чернильные кольца, которые пересекали весь бассейн и столкнувшись с его стенкой - разрушались, вызывая значительные колебания воды у стенки бассейна. Вода в бассейне, при этом оставалась совершенно спокойна.

- Да это же передача энергии...- воскликнул я.

Это было как озарение - я вдруг понял, что такое шаровая молния и как

передавать энергию, без проводов, на дальние расстояния.
Опираясь на эти исследования, я создал генератор, который генерировал эфирные вихревые кольца, которые я назвал, эфирными вихревыми объектами.
Эта была победа. Я находился в эйфории. Мне казалось, что я всё могу. Я
много чего наобещал, не исследовав до конца этого явления, и за это жестоко поплатился. Мне перестали давать деньги на мои исследования, а самое страшное - мне перестали верить. Эйфория сменилась глубокой депрессией. И тогда, я решился на свой безумный эксперимент.

Тайна, моего изобретения, умрёт вместе со мной
После своих неудач я стал более сдержанным на обещания... Работая с эфирными вихревыми объектами, я понял, что они ведут себя не совсем так,
как я думал раньше. Выяснилось, что при прохождении вихревых объектов вблизи металлических предметов, они теряли свою энергию и разрушались, иногда со взрывом. Глубокие слои Земли, поглощали их энергию также сильно,
как и металл. Поэтому я мог передавать энергию только на небольшие расстояния.
Тогда я обратил внимание на Луну. Если послать эфирные вихревые объекты к
Луне, то они, отразившись от её электростатического поля, вернутся обратно
на Землю на значительном удалении от передатчика. Так как угол падения равен углу отражения, то энергию можно будет передавать на очень большие
расстояния, даже на другую сторону Земли.
Я провёл несколько экспериментов, передавая энергию в сторону Луны. В ходе
этих экспериментов выяснилось, что Земля окружена электрическим полем. Это
поле разрушало слабые вихревые объекты. Эфирные вихревые объекты, обладавшие большой энергией, прорывались через электрическое поле Земли и
уходили в межпланетное пространство. И тут мне в голову пришла мысль, что
если я смогу создать резонансную систему между Землёй и Луной, то мощность
передатчика может быть очень маленькой, а энергию из этой системы можно
извлекать очень большую.
Произведя расчёты, какую энергию можно извлечь, я удивился. Из расчёта следовало, что энергия, извлечённая из этой системы, достаточна, чтобы полностью разрушить большой город. Тогда я впервые понял, что моя система
может быть опасна для человечества. Но всё же я очень хотел провести свой
эксперимент. В тайне от других я начал тщательную подготовку своего безумного эксперимента.
Прежде всего, мне надо было выбрать место эксперимента. Для этого лучше
всего подходила Арктика. Там не было людей, и я никому не причинил бы вреда. Но расчёт показал, что при нынешнем положении Луны эфирный вихревой

объект может ударить по Сибири, а там могли жить люди. Я пошёл в библиотеку, и стал изучать информацию о Сибири. Информации было очень мало, но всё же я понял, что людей в Сибири почти нет.
Свой эксперимент мне нужно было сохранить в глубокой тайне, иначе последствия для меня и для всего человечества могли оказаться очень неприятными. Меня всегда мучает один вопрос - во благо ли людям, будут мои
открытия? Ведь давно известно, что все изобретения люди применяли для истребления себе подобных. Для сохранения моей тайны очень помогло то, что
многое оборудования в моей лаборатории к этому времени было демонтировано.
Однако то, что мне нужно было для эксперимента я смог сохранить. Из этого
оборудования я в одиночку собрал новый передатчик и подключил его к излучателю. Эксперимент с таким количеством энергии мог быть очень опасен.
Если я ошибусь в расчётах, то тогда энергия эфирного вихревого объекта ударит в обратном направлении. Поэтому я находился не в лаборатории, а в
двух милях от неё. Работой моей установки управлял часовой механизм. Принцип эксперимента, был очень простой. Для того чтобы лучше понять его
принцип, необходимо сначала разобраться, что представляет из себя эфирный
вихревой объект и шаровая молния. В принципе это одно и тоже. Отличие только в том, что шаровая молния - это эфирный вихревой объект, который
видно. Видимость шаровой молнии обеспечивается большим электростатическим
зарядом. Это можно сравнить с подкраской чернилами водяных вихревых колец
в моём эксперименте в бассейне. Проходя через электростатическое поле, эфирный вихревой объект захватывает в нём заряженные частицы, которые вызывают свечение шаровой молнии.
Чтобы создать резонансную систему Земля - Луна необходимо было создать большую концентрацию заряженных частиц между Землёй и Луной. Для этого я
использовал свойство эфирных вихревых объектов захватывать и переносить
заряженные частицы. Генератором в сторону Луны излучались эфирные вихревые
объекты. Они, проходя через электрическое поле Земли, захватывали в нём
заряженные частицы. Так как электростатическое поле Луны имеет ту же полярность, что и электрическое поле Земли, эфирные вихревые объекты отражались от него и опять шли к Земле, но уже под другим углом.
Вернувшись к Земле, эфирные вихревые объекты снова отражались электрическим полем Земли обратно к Луне и так далее. Таким образом, производилась накачка заряженными частицами резонансной системы Земля -
Луна - электрическое поле Земли. При достижении, в резонансной системе необходимой концентрации заряженных частиц, она самовозбуждалась на своей
резонансной частоте. Энергия, усиленная в миллион раз - резонансными свойствами системы, в электрическом поле Земли превращалась в эфирный вихревой объект колоссальной мощности. Но это были только мои

предположения, а как будет на самом деле, я не знал.
Я очень хорошо помню день эксперимента. Расчётное время приближалось. Минуты тянулись очень медленно и казались годами. Я думал, что сойду с ума
от этого ожидания. Наконец наступило расчётное время и... ничего не произошло! Прошло ещё пять минут, но ничего необычного не происходило. Разные мысли лезли мне в голову: может не сработал часовой механизм, или
не сработала система, а может быть ничего и не должно происходить.
Я был на грани безумия. И вдруг... Мне показалось, что свет на мгновение
померк, а во всём теле появилось странное ощущение - как будто в меня воткнули тысячи иголок. Скоро всё кончилось, но во рту остался неприятный
металлический привкус. Все мои мышцы расслабились, а в голове шумело. Я
чувствовал себя совершенно разбитым. Когда я вернулся в свою лабораторию,
то нашёл её практически целой, только в воздухе сильно пахло гарью... Мною
опять овладело томительное ожидание, ведь результатов, своего эксперимента, я не знал. И только потом, прочитав в газетах о необычных
явлениях, я понял - какое страшное оружие, я создал. Я, конечно, ожидал,
что будет сильный взрыв. Но это, был даже не взрыв - это была катастрофа!
После этого эксперимента, я твёрдо решил, что тайна, моего изобретения,
умрёт вместе со мной. Конечно, я понимал, что кто-нибудь другой, может легко повторить этот безумный эксперимент. Но для этого, надо было признать существование эфира, а наш научный мир, всё дальше, уходил в сторону от истины. Я даже благодарен Эйнштейну и другим за то, что они своими ошибочными теориями увели человечество с этого опасного пути, по
которому шёл я. И может быть в этом их главная заслуга. Может быть лет через сто, когда разум у людей возьмет верх над животными инстинктами, моё
изобретение послужит на пользу людям.

Летательная машина
Работая со своим генератором, я заметил одно странное явление. При его включении явно ощущался ветерок, дующий в сторону генератора. Сначала, я
подумал, что это связанно с электростатикой. Потом я решил проверить это.
Свернув вместе несколько газет, я зажёг и сразу потушил их. От газет повалил густой дым. С этими дымящими газетами я обошёл вокруг генератора.
Из любой точки лаборатории дым шёл к генератору и, поднимаясь над ним, уходил вверх, как в вытяжную трубу. Когда генератор был выключен - это явление не наблюдалось.
Обдумав это явление, я пришёл к выводу - мой генератор, воздействуя на эфир, уменьшает силу тяжести! Чтобы удостовериться в этом, я построил большие весы. Одна сторона весов была расположена над генератором. Для исключения электромагнитного влияния генератора весы были изготовлены

из
хорошо просушенного дерева. Тщательно уравновесив весы, я, с большим волнением включил генератор. Сторона весов, которая располагалась над генератором, быстро пошла вверх. Я машинально выключил генератор. Весы пошли вниз и стали колебаться, пока не пришли в равновесие.
Это было похоже на фукус. Я нагружал весы балластом, и изменяя мощность и
режим работы генератора, добивался их равновесия. После этих опытов я задумал построить летательную машину, которая могла бы летать не только в
воздухе, но и в космосе.
Принцип работы этой машины заключается в следующем: Установленным на летательной машине генератором, в направлении её полёта, удаляется эфир.
Так как, со всех других сторон эфир продолжает давить с прежней силой, то
летательная машина начнёт двигаться. Находясь в такой машине, вы не будете
чувствовать ускорения, так как эфир не будет препятствовать вашему движению.
К сожалению, от создания летательной машины мне пришлось отказаться. Это
произошло по двум причинам: Во-первых, для тайного проведения этих работ,
у меня нет денег. Но самое главное, в Европе началась большая война, а я
не хочу, чтобы мои изобретения убивали! Когда же эти безумцы остановятся?

Послесловие
Прочитав эту рукопись, я стал по-другому смотреть на окружающий нас мир.
Теперь, располагая новыми данными, я всё больше убеждаюсь, что Тесла, во
многом, был прав! В правоте идей Тесла, меня убеждают некоторые явления,
которые современная наука объяснить не может.
Например, на каком принципе летают неопознанные летающие объекты (НЛО). В
их существовании, наверное, никто уже не сомневается. Обратите внимание на
их полёт. НЛО могут мгновенно ускоряться, менять высоту и направление полёта. Любое живое существо, находясь в НЛО, согласно законам механики,
было бы раздавлено перегрузками. Однако этого не происходит.
Или другой пример: При пролёте НЛО на низкой высоте автомобильные двигатели останавливаются, а свет в фарах гаснет. Теория эфира Тесла хорошо объясняет эти явления. К сожалению, то место в рукописи, где описан
генератор эфирных вихревых объектов, сильно пострадало от воды. Однако, из
этих обрывочных данных я всё же понял как работает этот генератор, но для
полной картины не хватает некоторых деталей и поэтому нужны эксперименты.
Выгода, от этих экспериментов будет огромной. Построив летательную

машину
Тесла, мы сможем свободно летать во вселенной, и уже завтра, а не в далёком будущем, освоим планеты солнечной системы и достигнем ближайших
звёзд!

Послесловие 2
Я провёл анализ, тех мест в рукописи, которые остались для меня непонятны.
Для этого анализа, я использовал другие публикации и высказывания Николы
Теслы, а также современные представления физиков. Я не физик и поэтому мне
трудно разобраться во всех хитросплетениях этой науки. Я просто выскажу
своё собственное толкование фразам Николы Теслы.
В неизвестной рукописи Николы Теслы есть такая фраза: - Свет движется прямолинейно, а эфир по кругу, поэтому возникают скачки.- Видимо этой фразой Тесла пытается объяснить почему свет движется скачками. В современной физике это явление называется квантовым скачком. Далее в рукописи приводится объяснение этого явления, но оно немного размыто. Поэтому из отдельных сохранившихся слов и предложений я приведу свою реконструкцию объяснения этого явления. Для того чтобы лучше понять почему
свет движется скачками, представим себе лодку, которая кружится в огромном
водовороте. Установим на эту лодку генератор волн. Так как скорость движения внешних и внутренних областей водоворота различна, то волны, от
генератора, пересекая эти области, будут двигаться скачками. То же самое
происходит и со светом, когда он пересекает эфирный смерч.
В рукописи есть, очень интересное, описание принципа получения энергии из
эфира. Но оно также сильно пострадало от воды. Поэтому, я приведу свою реконструкцию текста. Эта реконструкция основана на отдельных словах и фразах неизвестной рукописи, а также на других публикациях Николы Теслы.
Поэтому, я не могу гарантировать точное совпадение реконструкции текста
рукописи с оригиналом. Получение энергии из эфира основано на том, что между эфиром и веществом материального мира существует огромный перепад
давления. Эфир, пытаясь вернуться в первоначальное состояние, сжимает материальный мир со всех сторон, а электрические силы, вещества материального мира, препятствуют этому сжатию. Это можно сравнить с пузырьками воздуха в воде. Чтобы понять, как получить энергию из эфира,
представим себе огромный пузырь воздуха, который плавает в воде. Этот воздушный пузырь очень стабилен, так как со всех сторон сдавливается водой. Как же извлечь энергию из этого воздушного пузыря? Для этого надо
нарушить его стабильность. Это можно сделать водяным смерчем, или если в
стенку этого воздушного пузыря ударит водяное вихревое кольцо. Если при

помощи эфирного вихревого объекта, мы то же самое проделаем в эфире, то получим огромный выброс энергии. В качестве доказательства этого предположения приведу пример: Когда шаровая молния соприкасается с каким ни будь предметом, то происходит огромное выделение энергии, а иногда и взрыв. По моему, этот принцип получения энергии из эфира Тесла использовал в своём эксперименте с электромобилем на заводах Буффало в 1931 году.