

А. Н. Томилин

МИР ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

ГАЛЬВАНИ

О П Ы Т А Х Ъ,

которые производилъ

Профессоръ Физики Василій Петри

с помощью огромной гальвани

т р е м , состоявшей изъ

цинковыхъ и цинковыхъ кружковъ

холодильна при Санкт - Петербургъ

Медики - Хирурги.

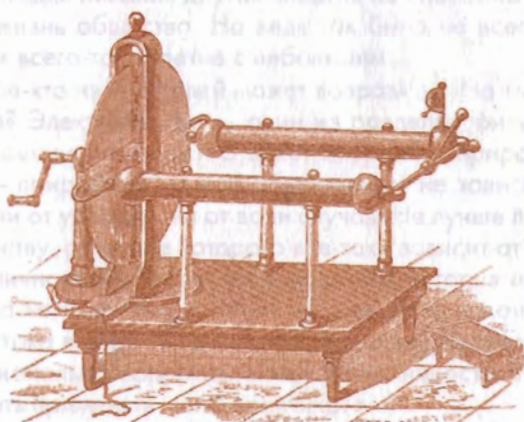


Д р о ф а

Санкт - Петербургъ

А. Н. Томилин

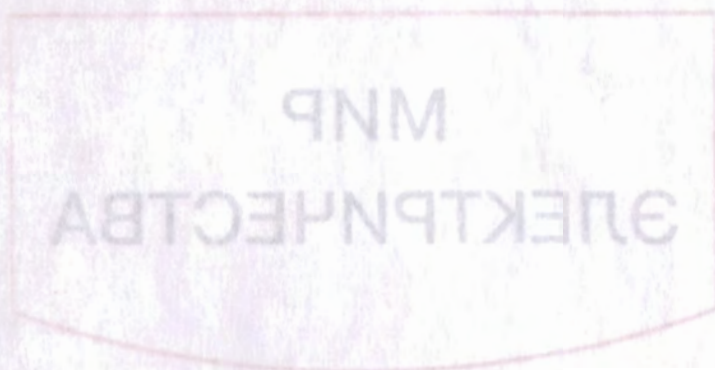
МИР ЭЛЕКТРИЧЕСТВА



Д р о ф а

Москва • 2004

УДК 087.5:53
ББК 22.3я92
Т56



Томилин А. Н.

Т56 Мир Электричества. — М.: Дрофа, 2004. — 304 с.: ил.
ISBN 5—7107—6820—0

Книга о природе электрических явлений и об ученых, которые в течение многих веков стремились разгадать тайны электричества. Рассказывается также о новейших достижениях науки в области использования электричества для нужд людей, о перспективах развития большой энергетики.

Книга адресована широкому кругу читателей.

УДК 087.5:53
ББК 22.3я92

ISBN 5—7107—6820—0

© ООО «Дрофа», 2004

Предисловие

Эта книга — об истории электричества, о развитии науки о нем, о том, как люди умудрились поставить себе на службу эту могучую силу природы и в конце концов создали свой «электрический мир», вне которого, как кажется, и жить-то невозможно. Попробуйте представить себе на мгновение, что электричество вдруг исчезнет из нашей жизни... Жители городов лишатся не только света и тепла, но и воды из водопровода, газа, транспорта, а значит, и доставки продуктов. Встанет все производство. Жизнь сначала замрет, а потом прекратится.

Сегодня никакая другая энергия не способна обеспечить нормальную жизнь общества. Но ведь так было не всегда. «Электрическому миру» всего-то столетие с небольшим...

Кое-кто из читателей может возразить: «Но тогда при чем здесь история? Электричество — один из разделов физики. Физика — наука о строении материи и о закономерности природных явлений. Заметим — природных, то есть объективных, не зависящих ни от точки зрения, ни от условий, ни от воли случая! Не лучше ли оставить «историю» обществу, развитие которого все-таки зависит от воли случая и отдельных личностей? Так ли уж нужна нам история науки? Дважды два — всегда четыре. Мир состоит из атомов, а закон Ома требует, чтобы сила тока всегда была пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению! Разве недостаточно знать эти законы и уметь применять их на практике?»

Ответ не так прост, как может показаться. Возьмем, к примеру, литературу или географию, живопись или астрономию, возьмем науку наук — философию... Вряд ли человек может считать себя специалистом, не зная истории той отрасли, которой он занимается. Каждая наука, каждая отрасль искусства развивается, следует за своим временем, открывает для себя новое и отстраняет старое. «Отстраняет», смотрите, какое осторожное слово. Не отбрасывает, а именно отстраняет, потому что порой даже в самых, казалось бы, странных построениях старого таятся непроросшие зерна таких открытий, до которых еще и мыслью не добрался человек.

А много ли нам известно специалистов, инженеров-электриков, изобретателей, знающих, к примеру, ту же историю электротехники? В технических институтах, гордо именующих себя сегодня «университетами», редко встретишь даже факультативный курс истории дисцип-

лины, основополагающей по профилю вуза. И часто, что греха таить, ее истории не знают и сами преподаватели.

Между тем, как и вся физика, наука об электричестве полна захватывающих приключений, это настоящая «драма идей». Не зная ее истории, можно, затратив массу усилий, «изобрести велосипед», то есть убить время на создание давно известного, на изобретение уже созданного.

Возьмите другой пример. За строгими формулировками законов скрыты имена их первооткрывателей. Для человека «не исторического» эти формулировки так и остаются на всю жизнь скучными формулами, выражающими закономерности технических явлений. Историческое же знание дает нам возможность через судьбы и личности творцов понять логику научной и инженерной мысли, увидеть пути преодоления неизбежных трудностей и препятствий, встающих на пути прогресса.

Есть и еще одно качество у истории науки. Она необыкновенно интересна. Я уж не говорю о физике, связанной непосредственно с практикой человеческой деятельности. Возьмите математику. Сколько в ее истории удивительных людей, сколько гениев. А какие «шекспировские» страсти разыгрывались в научных мемуарах и на страницах журналов... И казалось бы, ради чего?... Или вспомните Пьера Ферма, одного из создателей аналитической геометрии и теории чисел, с его знаменитой теоремой, доказанной в общем виде только в 1995 году. Прочтите драматическую историю жизни Джероламо Кардано, итальянского математика, философа и врача, с чьим именем связана и формула решения неполного кубического уравнения, и изобретение карданного механизма, и... Прочтите о его яростных спорах с Никколо Тартальей, современником и соперником... Прочтите, и вам откроется такой удивительный мир страстей, побед и поражений, что «сухая и монотонная» математика заиграет всеми цветами радуги.

Книга разделена на три части. Первая относится к предыстории науки об электричестве, до работ Гальвани и Вольты, пробудивших широкий интерес к электрическим явлениям и давших в руки естествоиспытателей первый генератор электрической силы — «вольтов столб». Во второй части говорится о законах, которым подчиняется электричество, о великих целенаправленных экспериментах и о начале становления электротехники. Наконец, третья часть посвящена развитию электротехники.

Есть, конечно, и более полные книги. Большинство из них либо изданы уже довольно давно и труднодоступны, либо носят несколько академический характер. Книга же, которую вы держите в руках, состоит из рассказов и очерков о некоторых узловых вопросах, опытах и открытиях в науке и технике электричества. Насколько интересно удалось об этом рассказать — судить читателям. Нам же, автору и издателям, хотелось бы надеяться, что наша книга восполнит некоторые пробелы в познавательной литературе и будет полезна не только школьникам, но и их родителям и учителям.

От чуда к явлению

Когда родилась наука?

Ответить на этот вопрос, наверное, так же трудно, как сказать, с чего начинается великая река. Тысячи ручейков должны слиться вместе, чтобы образовался могучий поток, несущий свои воды к морю.

Наука — важнейшая сфера деятельности человека. Результатом ее является система объективных знаний об окружающей действительности.

Объективные — значит, не зависящие от наших с вами чувств, от желаний и вкусов, от сложившейся обстановки в обществе. Скорее всего, сначала в общую систему знаний входили индивидуальные навыки и умения. Одни люди лучше других отыскивали съедобные корни и разводили огонь. Другие умели плести корзины, изготавливать копья, дротики, обжигать горшки.

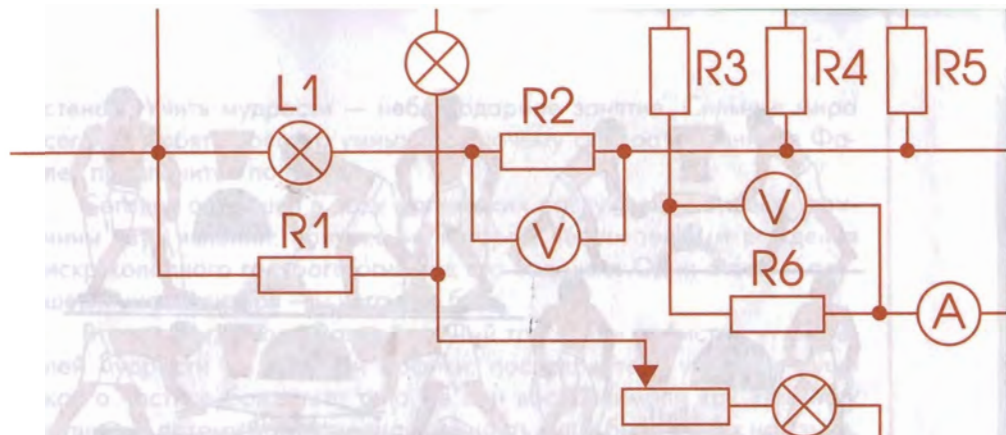
Охота и заготовка пищи для племени, земледелие в наносных долинах рек побудили людей к объединению и совместному труду. А необходимость распределять пищу и воду между ними образовала основы социального порядка.

Для закрепления установленных правил и для придания им незыблемого авторитета служили



Устройство для полива
в Древнем Египте

ли мифы, то есть предания о богах и героях, о демонах и духах, наполнявших мир своей волей, своими желаниями и подвигами. Все



зависело от них. Мифы рассказывали, как был добыт огонь, как произошли ремесла, как по воле богов возникли обычаи и обряды. Мифы отвечали на вечные вопросы о происхождении светил и Вселенной, о рождении человека и появлении на Земле животных, растений и рыб. Мифы породили, с одной стороны, основы религиозных воззрений, а с другой — первые научные теории. Нагляднее всего это представлено в достижениях античной цивилизации.

В Древнем Милете

Рассказывают, что однажды к древнегреческому философу Фалесу, жившему в городе Милете, пришла дочь и протянула ему веретено, сделанное из драгоценного камня — электрона. Мы называем его янтарем. В те далекие времена финикийские купцы изредка привозили изделия из этого желтого, прозрачного, как первый лесной мед, камня в греческие города. По-видимому, купил его и Фалес, прельстившись красотой. Купил и подарил дочери. В древности гречанок с юных лет приучали к прядению.

Дочь философа оказалась девушкой наблюдательной. Она рассказала отцу, что не раз, уронив веретено на пол, терла его, чтобы очистить от приставшего сора. Но при этом упрямое веретено только сильнее притягивало к себе пылинки и нити. Отчего так?..

Подивился мудрец феномену, порадовался любознательности дочки. Однако ответить не смог и задумался. Так, бывает, набредет человек на пустяковую, кажется, загадку, и не дает она ему покоя. Девушка уже давно скрылась в женской половине дома — гинекее, а Фалес все сидел, размышляя над ее вопросом.

Финикийцы уверяли, что рождается прозрачный янтарь в холодных водах северных морей, где даже солнечные лучи сворачиваются в узел, застывая в прозрачные янтарные камни. Такие рассказы философ слышал и раньше, но о свойстве притягивать мелкие части-



Изготовление металлических изделий в Древнем Египте

цы узнал впервые. Бывалые люди говорили, что свойством притягивать к себе железо славятся черные камни из страны Магнезии, населенной племенами магнетов, что черные камни тянутся к железу, питая к нему по воле богов склонность. Кто не знает, что железо благородно? Видимо, в магните скрыта живая душа... Ведь только живое способно испытывать склонность и порождать движение. Почему же янтарное веретено питает любовь к простому сору? Может быть, одушевлен и янтарь?..

Солнце закатилось, пришло время кликнуть раба, чтобы тот принес светильник. Но философ не сделал этого. В наступившей темноте он обнаружил, что если потереть веретено рукой, оно покрывается крошечными голубыми искорками, которые вспыхивают и гаснут с легким треском. Новая загадка.

Снова и снова трет Фалес оставленный дочерью янтарный стержень сухими ладонями и глядит, не может наглядеться. Сегодня он покажет это чудо ученикам и попробует порассуждать о нем. Может быть, логика приведет его к истине... Под покровом ночи сходятся ученики к дому мудреца. Собираться днем опасно. Славному торговому городу-государству Милету слишком часто приходится браться за оружие. То лидийские цари, то персы подступают к его

стенам. Учить мудрости — неблагодарное занятие. Сильные мира сего не любят чересчур умных. Вот почему собирать учеников Фалес предпочитал по ночам.

Сегодня он решил в ходе логических рассуждений вывести причины двух явлений: притяжения янтарем легких телес и рождения искр холодного голубого огня под его ладонью. Один ответ — одушевленность янтаря — у него уже был.

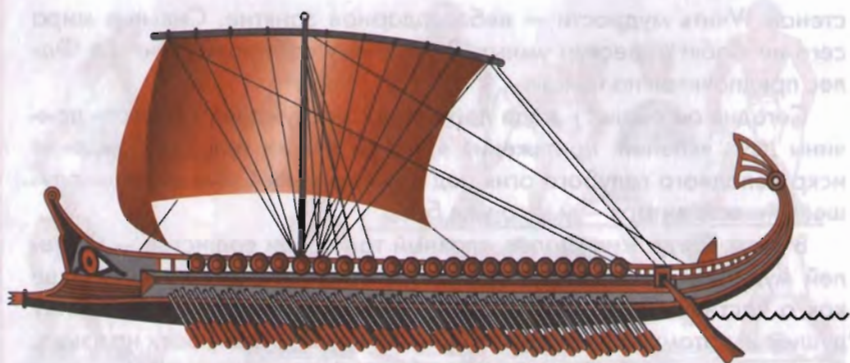
В годы, когда жил Фалес, главный тон среди софистов — учителей мудрости — задавали орфики, последователи учения о душе как о частице божества; тело же они воспринимали как «темницу души». И потому божественная сущность души была у всех на языке. Фалес не отрицал существования богов. Но он не мог согласиться с тем, что каждое явление, каждое свойство предмета является проявлением воли богов. Философ считал одушевленным весь мир — воду, камни и землю. «Душа, — говорил он, — размещена во всем мироздании. У каждого предмета — своя душа, свои неизменные свойства». Разве не является доказательством этого постоянство притяжения железа магнитом, а легкого сора — натертым янтарем?..

Кем был этот удивительный философ, задумавший освободить природу от капризной воли богов, а философию — от мифов? В книге Диогена Лаэртского «О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов» сказано: «Фалес... был сын Эксамия и Клеобулины из рода Фелидов, а род этот финикийский, знатнейший среди потомков Кадма и Агенора. Он был одним из семи мудрецов, что подтверждает и Платон; и когда при афинском архонте Дамасии эти семеро получили именование мудрецов, он получил такое имя первым».

По более поздним источникам, Фалес из Милета, родившийся в 625 году до нашей эры, — богатый купец, который много путешествовал, бывал в Египте, где, по-видимому от жрецов, получил знания по математике и астрономии. Он первым упоминает о свойстве натертого янтаря притягивать легкие тела и о свойстве магнита притягивать железо. Он учил, что все сущее неуничтожимо и меняются лишь его качества при превращениях...

Когда мы говорим о том, что Фалес и другие греческие философы пытались объяснять явления природы без помощи богов, это вовсе не значит, что они были атеистами. Философы лишь пытались искать причины происходящего в природе, исходя из ее души, из ее собственных свойств, а не из волеизъявления высших сил. Поэтому их и называли натурфилософами, от латинского слова *natura* — природа.

Древнегреческие натурфилософы стремились охватить единым взглядом не отдельные детали, как это делает современная наука, а всю картину мира. Истолковать сразу всю природу целиком, про-



Греческая триера

никнуть в заповедные тайны первоначал и первопричин всего сущего. При этом они объединяли явления по сходству внешних проявлений. В том числе таких, как притяжение одних предметов и тел другими. Немудрено, что в один ряд попадали притяжение и магнита, и Земли, притяжение янтарем мелкого сора и... бабочки — цветком. Задавая себе вопросы, отвечая на них, ошибаясь, философы учились рассуждать, учились мыслить, познавать. Ведь всякое познание начинается с сопоставления и объединения внешних качеств, с рассуждений о причинах тех или иных особенностей...

Аристотель

Древние греки называли город Афины «око Эллады». И действительно, город долгие годы являлся центром культурной и политической жизни всей Греции. Давайте мысленно перенесемся в утро за три с лишним века до нашей эры. Именно тогда с восходом солнца в Пирей, афинскую морскую гавань, вошла триера (так назывались суда с тремя рядами весел по борту и парусам).

Пока матросы убирали снасти, на берег, сопровождаемый рабами, сошел пассажир. Немолодой, небольшого роста и, скорее, тщедушный, он не привлек особого внимания портовых зевак. Редкие волосы и колючий взгляд делали его облик неприятным, особенно когда его тонкие губы растягивались в насмешливой улыбке. Но одет он был в тогу с синей каймой и выступал в окружении спутников и рабов важно. Значит, был человеком с достатком. Примерно так мог выглядеть великий древнегреческий философ Аристотель. Несколько лет он был воспитателем Александра Македонского и теперь, получив заслуженную награду, вернулся в Афины.

Здесь, неподалеку, он купил землю и основал свою школу. Позже она стала называться Ликеем.

По утрам, окруженный избранными учениками, Аристотель прогуливался по дорожкам своего сада, вел дискуссии и пояснял наиболее запутанные вопросы логики и основ бытия — метафизики. Днем Аристотель размышлял, а по вечерам читал лекции для желающих.

Порой в полдень раздавался стук в ворота и рабы-привратники впускали гонцов от бывшего ученика, ныне прославленного полководца Александра Македонского. Гонцы привозили подарки. Благодаря им Аристотель собрал великолепную библиотеку и настоящий музей. Невиданные растения, шкуры животных и просто диковинки из разных стран заполнили его комнаты. Многим из своих трудов по естественной истории Аристотель в немалой степени был обязан этим коллекциям. Не зря он учил, что настоящий философ и в капле должен уметь видеть отражение целого мира.

Но чего стоили все эти диковинки, если в движении обыкновенного камня больше тайн, чем во всех его экспонатах? Бросьте камень вверх, бросьте в сторону. В любом случае он упадет на землю. А почему? В чем причина падения? Какая сила притягивает все тела к Земле?.. Да и одна ли Земля притягивает? Вот, например, среди диковинок — геркулесов камень, которому поэт Еврипид дал название «магнит». Почему он притягивает к себе именно железо, и только железо? Почему прозрачный солнечный янтарь, будучи натерт, привлекает к себе легкие частицы сора?.. Помните, над этими же вопросами размышлял и философ Фалес из малоазийского города Милета. Фалес склонялся к мысли о живой душе камней и о взаимной симпатии. Аристотель был учеником Платона. Его



Аристотель
(384—322 гг. до н. э.)

учитель считал, что прообразами всех вещей являются идеи, сами же вещи — лишь их отражение. Любовь же к идее — основа всякого движения. Аристотель выдвинул понятие о целесообразности природы. В мире Аристотеля каждая вещь должна была знать свое место. Сдвинутая с него, она стремилась вернуться и занять его снова. Вот почему камень, подброшенный в воздух, возвращался к земле, а дождь падал вниз, чтобы соединиться с водами. Огонь, имеющий обиталище в небе, обязан был метать свои искры вверх. А к чему предназначены птицы? Конечно, чтобы летать. Рыбы — чтобы плавать... Кошки — ловить мышей... Так же и магнит предназначен при-

тягивать железо, а солнечный камень янтарь — мелкие тельца. Все взаимодействия вещей зависят от того, к чему они предназначены... Прекрасное и, как может показаться, наивное объяснение. Но оно вовсе не такое простое.

Древнегреческие натурфилософы стремились обойтись без помощи мифов и богов. Последователи Аристотеля, следуя его учению, старались объяснять наблюдаемые явления, пользуясь логическими рассуждениями — силлогизмами. Позже, с развитием экспериментального естествознания, ученые стали выводить законы природы не из логики и силлогистики Аристотеля, а основываясь на естественнонаучных данных.

Лукреций Кар и его поэма «О природе вещей»

В дальнейшем пальма первенства во всех отношениях перешла от Греции к Риму. Римляне освоили греческую культуру и пересадили ее на почву Италии. К сожалению, произошло это слишком поздно. Во-первых, сама цивилизация свободных городов-государств клонилась к упадку. Во-вторых, приняв внешнюю, парадную сторону греческой цивилизации, высшие классы римского общества в глубине души презирали своих учителей. Но если нет у учителя авторитета, ученики не воспримут от него ни знаний, ни морали.

В Древнем мире начался период упадка знаний, в течение которого людям было, пожалуй, недосуг помнить о таких мелких вопросах, как причины притяжения магнита и янтаря.

Может быть, и не стоило бы дальше говорить о тех ничтожных познаниях и нелепых на современный взгляд гипотезах, которые высказывались по интересующему нас вопросу за весь период, предшествующий началу подлинной науки, связанной с именами Гильберта и Галилея, Ньютона, Франклина и Ломоносова. Может быть, если бы не последний всплеск эллинской образованности в эпоху начавшегося упадка, если бы не поэма Тита Лукреция Кара «О природе вещей»...

О жизни Лукреция не сохранилось почти никаких сведений. Известно лишь, что был он уроженцем Рима, жил в первой половине I века до нашей эры, в трудное время обострения всех возможных противоречий своей эпохи. На время жизни Лукреция падают такие периоды, как кровавая диктатура реакционного лидера римских аристократов Луция Корнелия Суллы и борьба Суллы с Марием и Корнелием Цинной. В том же веке — восстание рабов под предводительством Спартака, потерпевшее жестокое поражение, борьба с морскими пиратами, бесконечные внешние войны, заговор и восстание Луция Сергия Катилины и, наконец, возвышение честолюбивого

вого Гнея Помпея, жестокого Марка Лициния Красса, вначале тонкого дипломата, удачливого полководца, а в конце концов главы государства, императора Гая Юлия Цезаря. Бурное время.

Существует предположение, что Лукреций получил философское образование в самой процветающей в то время в Италии неаполитанской эпикурейской школе. Закончив обучение, он начал писать философскую поэму «О природе вещей». В ней Лукреций систематически изложил весь античный материализм и особенно подробно — атомистическое учение Эпикура. Скорее всего, при его жизни поэма не была закончена. Отредактировал ее и опубликовал некто Квинт — брат честолюбивого оратора Марка Туллия Цицерона.

В поэме Лукреция значительное место отводится объяснению свойств магнитов. Но не только это заставляет меня обратиться к ее бессмертным строкам. Поэма имеет самостоятельную ценность как литературное и философское произведение. Глубоко оптимистичный, материалистический характер ее впоследствии давал силы многим поколениям философов и ученых в самые трудные моменты гонений и собственных разочарований. И мне кажется, что знать хотя бы в общих чертах пути развития античной философии, и в том числе произведение Лукреция, важно для человека интеллигентного.

Существует много разных переводов поэмы на русский язык. У меня в руках оказалась книга, изданная в знаменательном 1945 году и приуроченная к редкому юбилею — двухтысячелетию с момента смерти автора. И пусть вас не пугает большой отрывок, приведенный ниже. Прочтите его. И тогда, если вы не читали поэму раньше, вам, может быть, захочется познакомиться с нею целиком.

Мне остается сказать, по какому закону природы
Может железо к себе притягивать камень, который
Греки «магнитом» зовут по названию месторожденья,
Ибо находится он в пределах отчизны магнетов,
Этому камню народ удивляется, ибо нередко
Цепью звено к звену, от него исходя, повисает.
Можно ведь видеть порой, что, качаясь от легкого ветра,
Пять или больше таких свободно спускается звеньев,
Все они вместе висят и, одно к одному прилепляясь,
Камня силу и связь друг от друга тогда испытуют:
Так его сила всегда непрерывным вливается током...

.....

Так как теперь это все установлено твердо и точно,
И основания все подготовлены нами, как должно,
То остальному уже не трудно найти объясненье,
И открываются все притяженья железа причины.
Прежде всего, из магнита должны семена выделяться
Множеством или же ток истекать, разбивая толчками
Воздух, который везде между камнем лежит и железом.
Только что станет пустым пространство меж ними, и много
Места очистится там, как тотчас же, общию кучей,
Первоначала туда стремглав понесутся железа;

Следом затем и кольцо устремляется всем своим телом...
...Что производит оно и мчится, пока не сойдется,
С камнем самим и на нем не повиснет в невидимых узах.
Это бывает везде, где только очистится место,
И в направлении любом, будь то в сторону или же кверху:
Тотчас несутся тела в пустоту, находясь по соседству...

Вовсе не надо тебе удивляться, что ток из магнита
Не в состоянии совсем на другие воздействовать вещи.
Частью их тяжесть стоять заставляет, — как золото, — частью
Пористы телом они, и поэтому ток устремляться
Может свободно сквозь них, никуда не толкая при этом;
К этому роду вещей мы дерево можем причислить,
Среднее место меж тем и другим занимает железо:
Ежели примет в себя оно несколько телец из меди,
То отгоняет его истечением камень магнитный.

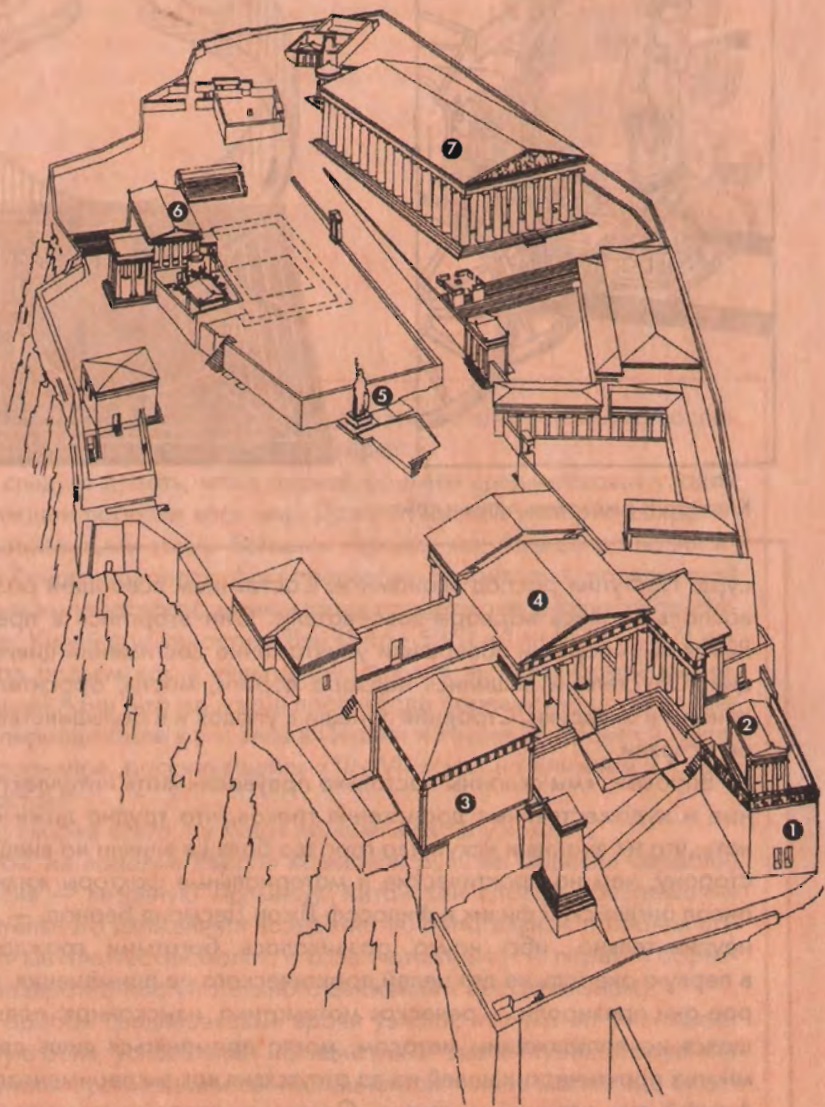
Вещи, в которых их ткань совпадает взаимно с другою,
Так что, где выпуклость есть, у другой оказалась бы там же
Впадина, — эта их связь окажется самою тесной.
Есть и такие еще, что крючками и петлями будто
Держатся крепко и так друг с другом сцепляясь вместе.
Это скорее всего происходит в железе с магнитом.

Прекрасное объяснение, не правда ли? Но почему же, несмотря на все достижения эллинизма, перед человечеством не открылась широкая столбовая дорога к вершинам прогресса и мудрости, а настали «темные века» упадка цивилизации? На такой вопрос, пожалуй, коротко и однозначно не ответишь. Единственное предположение, возникающее у человека, знакомящегося с историей культуры, — это неизбежная цикличность развития. Исторический опыт показывает, что любая древняя цивилизация представляла собой некую систему. В процессе развития в ней накапливались неизживаемые противоречия. Накопленные противоречия воздействовали на структуры системы, изменяли ее качество, снижали жизнестойкость и в конце концов приводили всю систему к гибели.

В этом отношении государства и цивилизации похожи на людей: они рождаются, проходят трудный период развития. Выжившие мужают, достигают расцвета и старятся. А потом умирают, и на смену им приходят другие государства и другие цивилизации, начинающие свой путь на ином витке спирали, но также со своими трудностями и ошибками начального периода.

Уже к III веку нашей эры классическая цивилизация была обречена на гибель. Большая часть достигнутых знаний оказалась утраченной. Интерес к объяснению феноменов исчез.

Глубокий кризис охватил Древний мир. Классическая культура рухнула, и на ее обломках ярким цветом расцвели мистика и аб-



Древний афинский акрополь. Реконструкция

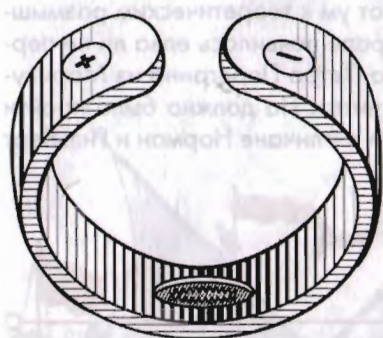
- 1) Пиргос. 2) Храм Афины-Ники. 3) Пинакотека. 4) Промитей.
5) Статуя Афины-Воительницы. 6) Эрехтейон. 7) Парфенон



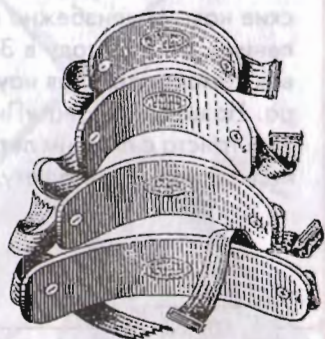
Китайский «указатель пути» и компас

сурд. Наступил распад экономики. Состоянием всеобщей разрухи воспользовались варвары-завоеватели. Они вторглись в пределы Римской империи и завершили уничтожение достижений цивилизации. Опустели и лишились надзора дороги, мосты, оросительные каналы и акведуки. Строения пришли в упадок и в большинстве своем исчезли.

Впрочем, «мы склонны настолько преувеличивать интеллектуальные и художественные достижения греков, что трудно даже осознать, что их знания и искусство гораздо больше влияли на внешнюю сторону, чем на практические и материальные факторы жизни, — писал английский физик и философ Джон Десмонд Бернал. — ...Это неудивительно, ибо наука развивалась богатыми гражданами в первую очередь не для целей практического ее применения, которое они презирали... Греческая математика, изысканная, пользующаяся исчерпывающим методом, могла применяться лишь для немногих практических целей из-за отсутствия как экспериментальной физики, так и точной механики. Основным плодом величественной греческой астрономии, не считая астрологических предсказаний, был хороший календарь и несколько маловажных карт. Великая колыбель практической астрономии — искусство мореплавания — из-за отсутствия судов и нежелания плавать по неизведанному океану



Врачебный магнитный браслет
прошедших эпох



Магнитные нагрудники

почти не развивалась. ...Техника в противоположность науке сохранилась в лучшем виде и меньше потеряла».

Не следует думать, что в период раннего средневековья упадок цивилизации поразил весь мир. Даже в Римской империи сохранились нетронутыми такие большие города, как Александрия, Антиохия и Константинополь. А за пределами территории, подвластной римским императорам, цивилизация продолжала развиваться. Например, Китай при династиях Вэй (386—535) и Тан (618—907) переживал подъем как в культурной, так и в экономической жизни. В Средней Азии в то же время процветало Хорезмское царство. Великие периоды были в эти века в Персии и Индии, в огромной империи Сасанидов, раскинувшейся в III—VII веках на Ближнем и Среднем Востоке.

Так, скорее всего, из Китая пришел в Европу компас.

Китай же подарил Европе кормовой руль на морские корабли, а Персия — ветряную мельницу. Китайский способ превращения вращательного движения в возвратно-поступательное позволил соорудить механический молот, а коленчатый рычаг — перейти обратно от возвратно-поступательного движения к вращательному.

От арабов средневековые врачи узнали, что магнит уменьшает головную боль, успокаивает ноющие раны. Еще в глубокой древности эскулапы прописывали своим пациентам носить магнитные браслеты, нагрудники и накладки на ноги, шею и даже на голову. С Востока на Запад перекочевало такое важное изобретение, как лошадиный хомут, заменивший грудной ремень, который стягивал дыхательное горло животного. Хомут перенес главную часть давления на плечи и позволил в пять раз увеличить нагрузку лошади.

Как теория не может развиваться без практики, так и практические навыки неизбежно подталкивают ум к теоретическим размышлениям. В 1269 году в Западной Европе появилась едва ли не первая самостоятельная научная работа Петра Перегрина из Мариккура. Называлась она «Письма о магните». Но должно было пройти еще триста с лишним лет, прежде чем англичане Норман и Гильберт подхватили эту эстафету.

Глава 2

Явления природные и... рукотворные

Тайна путеводной звезды и врачебного магнита

Свистит ветер в вантах. Гудят барабанным гулом паруса. С волны на волну переваливается тяжелый галеас, принадлежащий только что основанной Ост-Индской компании.

Галеас, по сути, — большая галера, вернее, нечто среднее между гребным и парусным судном. В основном он считался военным кораблем и состоял на вооружении многих стран Европы в XVI—XVII веках.

На высоком мостике капитан. Время от времени он сверяет курс по прибору, спрятанному в тяжелый ящик из мореного дуба. Там, на дне в закрытом сосуде плавает на куске легкой коры крохотная железная стрелка. Где бы ни скитался корабль, как бы ни трепали его жестокие штормы, черный конец стрелки упрямо тянется к путеводной Полярной звезде. Астрологи уверяют, что там, в небе, на конце хвоста Малой Медведицы, находится магнитный камень. К нему-то и тянутся все магниты Земли...

Трудно сказать сегодня, кто первым придумал использовать магнит для указания верного пути в открытом океане. Может быть, китайцы, а может быть, финикийцы. В Европу «указатель пути» попал довольно поздно. Правда, уже в XI веке он был подробно описан в одном из манускриптов. А в XV веке, отправляясь на поиски Индии в Море мрака (как тогда называли Атлантический океан), магнитным указателем уже пользовался Колумб...



Галеас XVII века

Если заглянуть в вахтенный журнал нашего галеаса да разоб-
рать каракули рук, не привычных к тонкому гусиному перу, можно
установить, что корабль, о котором идет речь, направляется в коро-
левство Английское, в славный торговый город Лондон. И что на
дворе начало XVII века, а точнее, 1601 год, месяц февраль, а день
25-й...

Не попробовать ли и нам на время представить себя на борту
этой тяжелой и малоповоротливой парусно-гребной посудыны? Что
если и нам отважиться вместе с представителями Ост-Индской ком-
пании ступить на английскую землю? Мы попадем в царствование
королевы Елизаветы, во времена Шекспира, Гарвея и Гильберта —
трех первых Уильямов, принесших славу своему государству. Мы
попадем в начало деятельности Фрэнсиса Бэкона — великого фило-
софа, перевернувшего мировоззрение целой эпохи...

Итак, мы на галеасе. Под нашими ногами палуба — пятьдесят
метров в длину, — не так мало для XVII века, не правда ли? Сотня
гребцов-галерников. Кое-кто из них прикован к своим скамьям це-
пями — очевидно, каторжники. И над всем этим — три мачты с мощ-
ным парусным оснащением. Да еще пушки между гребцами. А на
шканцах виднеются кирасы солдат. Прибрежные воды всюду кишат
пиратами.



Созвездие Малой Медведицы в старинном звездном атласе Яна Гевелия

Но вот и берег. Слава Всевышнему! Корабль входит в устье Темзы. Пользуясь приливом, капитан направляет судно вверх по реке в Лондон. Наши спутники начинают готовиться к высадке. Последуем и мы их примеру.

Прежде всего переоденемся. Лучше всего подойдет застегнутый доверху черный камзол с высокими оплечьями и длинными рукавами. Он толсто подбит ватой и туго-натуго простеган. К камзолу прилагаются толстые, словно сшитые из ватного одеяла, короткие панталоны. Еще надо надеть высокий накрахмаленный воротник, который режет шею, и толстый суконный плащ... Ну и мода! Но туго наваченный камзол и панталоны предохраняют от кинжала наемного убийцы. А в плаще запутается шпага противника при уличной ссоре...

Неповоротливое судно уже у причала, и мы выходим в город. Не удивляйтесь узким улицам с канавами для нечистот. Мы с вами в Лондоне начала XVII века. Осторожно! Прижмитесь спиной к стене. Из-за поворота вылетели верховые. Они скачут, не разбирая дороги.

Наш путь в Виндзор, именно там находится сейчас лейб-медик английской королевы Уильям Гильберт. Правильнее его, конечно,



Английский костюм конца XVI — начала XVII века

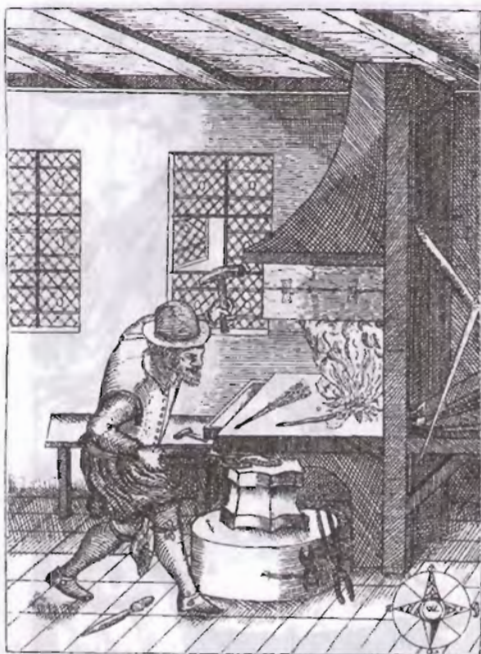
называть сэром Уильямом Гильбертом Колчестерским — так величают его пациенты. Но остановимся на том, что привычнее.

Виндзор — красивейшее место в графстве Беркс. От центра Лондона примерно километров двадцать. Здесь, на правом берегу Темзы, еще в XI веке Вильгельм Завоеватель построил замок. Потом его много раз перестраивали, украшали. И в конце концов Виндзор сделался любимым местом жительства английских королей.

Ныне доктор Гильберт должен показывать ее величеству магнитные опыты. Вы спросите, какое отношение придворный врач имеет к магниту? Самое непосредственное! Год назад, в 1600 году, из-под печатного пресса вышел его обширный труд «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле. Новая физиология, доказанная множеством аргументов и опытов». Шесть книг, написанных на прекрасном латинском языке.

Вам не совсем понятно, почему лейб-медик занимается исследованиями магнита? Сейчас попробую объяснить.

Дело в том, что о магните с незапамятных времен ходили самые невероятные слухи. Знахари шептали, что магнит возвращает молодость, красоту и здоровье. Об этом писал даже сам великий Гейбер — алхимик и врач, живший на рубеже VIII и IX веков. Был он



Ковка железа
и превращение
его в магнит

арабом, и его настоящее имя звучало как Джабир ибн Хайян, латинисты переделали его в Гебера. Писал о магните и другой арабский ученый — знаменитый Аверроэс, настоящее имя которого тоже звучало непривычно для европейского уха — Абуль-Валид Мухаммед ибн Ахмед ибн Мухаммед ибн Рошд. Он жил в XII веке в Кордове и Севилье и, как все средневековые лекари, уверял, что толченый магнитный камень с водой — прекрасное слабительное.

Обо всем этом Гильберт знал. А поскольку семидесятилетнюю королеву не могла не волновать проблема сохранения молодости и красоты, залогом чего, как известно, является исправное функционирование желудка, ее придворный врач просто обязан был изучать свойства магнита.

Магнетизм был одним из самых таинственных природных явлений. Почему, к примеру, если расположить раскаленную железную полосу на наковальне строго с севера на юг, то откованное железо оказывается намагниченным? А стоит изменить направление этой полосы, сколько ни стучи молотом, никаких магнитных свойств она не приобретает.

Отдадим Гильберту должное. После многолетних опытов он осмелился, несмотря на авторитеты, утверждать, что прием толченого магнитного камня внутри «вызывает мучительные боли во внутрен-

ностях, чесотку рта и языка, ослабление и сухотку членов». Правда, при этом и он не отрицал, что магнит «возвращает красоту и здоровье девушкам, страдающим бледностью и дурным цветом лица, так как он сильно сушит и стягивает, не причиняя вреда». Врач обязан быть не только образованным, но и осторожным человеком.

Вы скажете: он противоречит самому себе! Правильно, но его последнее утверждение могло быть и данью авторитетам, и маленькой ложью во спасение. Представьте на минутку себя на месте королевы. Многие годы ваш лейб-медик занимается какими-то опытами, уверяя, что ищет способ сохранить ваше августейшее здоровье. И за это вы платите ему вполне приличное вознаграждение. Затем, много лет спустя, он выпускает в свет научный труд, из которого становится ясно, что лекарства, коими он вас пользовал, на деле могут только ухудшать самочувствие. Боюсь, что после этого лейб-медику не поздоровится. Гильберт был умен и не понимать этого не мог.

Ну а теперь, уяснив себе состояние дел и познакомившись заочно с нашим героем, отправимся в Виндзор...



Уильям Гильберт
Колчестерский
(1544–1603)

Долгий вечер в Виндзоре

Мы не станем объяснять, как нам удалось попасть в небольшое общество, которое собралось в покоях королевы. Главное — мы в числе приглашенных и никого не удивляет наше присутствие.

В Виндзоре всегда весело: охоты, театральные представления, торжественные приемы. Правда, возраст королевы Елизаветы уже не тот, и она предпочитает тихие развлечения. Потому и решено под вечер устроить демонстрацию чудес доктора Гильберта.

С большинством кавалеров и дам мы незнакомы, но кое-кого узнаём. Вот, например, главное, как нам кажется, действующее лицо: высокий шестидесятилетний джентльмен. Он слегка лысоват. Бритый подбородок выдает в нем человека, не принадлежащего к придворной аристократии. Одет он скромно: в черный атласный камзол с испанским воротником и в плащ, наброшенный на плечи. Висячие усы не позволяют заподозрить в нем и священника.

Это сам доктор Уильям Гильберт. Он переставляет различные предметы на столе, приготовленном для опытов. Все ждут королеву...

А вот среди гостей и еще знакомое лицо: высокий лоб, внимательные глаза, горящие внутренним беспокойством. Человеку немного за сорок. По сравнению с остальными он молод. Пышные кружева подпирают аккуратную бородку. Пожалуй, костюм и облик выдают его некоторое тщеславие, а манера держаться — честолюбие. Но есть в нем одновременно и что-то виноватое. Это Фрэнсис



Фрэнсис Бэкон
(1561—1626)

Бэкон — младший сын лорда-хранителя печати и всего-навсего солиситор — стряпчий лондонского суда. Странно, что он оказался здесь. Канцлер казначейства да и влиятельный лорд Бурлей — муж его тетки — не очень-то жалуют молодого Бэкона. Один считает его опасным оппозиционером, другой — просто «мечтателем». Сюда, на ученый вечер, он, скорее всего, приглашен как философ.

Королева Елизавета I вошла и тихо опустилась в приготовленное кресло у камина. Вечером особенно заметно, как она немолода. Кажется, что веснушки и темные пятна с возрастом расплылись и создали общий нездоровый фон и без того не слишком красивого ее лица. Прическа из рыжеватых, густо выбеленных сединой волос, перевитых жемчугом, поредела. Голова ее все еще высоко поднята. Но не заслуга ли это высокого воротника? И не тяжелое ли

платье, расшитое золотом, не дает согнуться стану этой пожилой и усталой женщины? Впрочем, глаза у королевы зорки и блестят любопытством. Она махнула платком, давая знак начинать.

— Ваше величество! — Гильберт говорил мягко, приятным голосом, как и подобает врачу. — Я собираюсь, если будет на то Божья воля, не умаляя заслуг тех, кто говорил о том до меня, изложить здесь перед вами открытую мною с помощью многих трудных и дорогостоящих экспериментов истину, которая противоречит мнению многих других философов, даже самых древних... Почему магнитная стрелка, применяемая на кораблях вашего доблестного флота, всегда показывает одно направление?... Почему?

Гильберт обвел взглядом собравшихся. Здесь самые мудрые люди королевства: тонкие политики, дипломаты, военачальники и флотоводцы. Что-то они ответят?

— Позвольте, сэр Уильям... — Слово взял седобородый лорд Адмиралтейства. — Какая же это загадка? Всем морякам известно, что намагниченное железо направляется к северу, поскольку ему сообщается сила полярных звезд, подобно тому как за солнцем поворачивают свои головки цветы.

Придворные одобрительно закивали головами. Говорящий прав — кто не знает, что в небе имеется большой магнитный камень?.. Лейб-медик взял со стола шар, выточенный из магнетита.

— Ваше величество! Я не намереваюсь прибегать к измышлениям и утомительным умозаключениям. Мои аргументы, как вы легко можете видеть, основаны только на опыте, разуме и демонстрации. Этот шар, выточенный с немалыми расходами из магнитного камня, я назвал тереллой, что означает «маленькая Земля», «Земелька». Я подношу к ней магнитную стрелку — и вы видите?.. Джентльмены, все видят, как один конец стрелки притягивается к одному полюсу тереллы, а второй — к другому?.. Не так ли ведут себя и стрелки компасов, установленных на кораблях флота ее величества? И не значит ли это, что вся наша Земля является неким большим магнитом?..

Придворные переговаривались: «Сэру Уильяму не откажешь в проникательности и ловкости в доказательствах». А Гильберт продолжал:

— Века мудрого правления вашего величества даровал человечеству неисчислимые богатства: открыт Новый Свет, изобретено книгопечатание, телескоп, компас. Эти открытия стали источниками нового могущества, открыли новые горизонты, но в то же время предложили человеческому гению и новые задачи. Как решить их? Здесь поможет только опыт...

— Доктор Гильберт совершенно прав, когда говорит об опыте! Однако опыт опыту — рознь.

Придворные и даже сама королева повернули головы на голос. Ах, это всего лишь чрезвычайный адвокат короны, нищий философ Фрэнсис Бэкон. Вечно он вмешивается, старается показать свой ум. Тем временем, заметив всеобщее внимание, Бэкон продолжил:

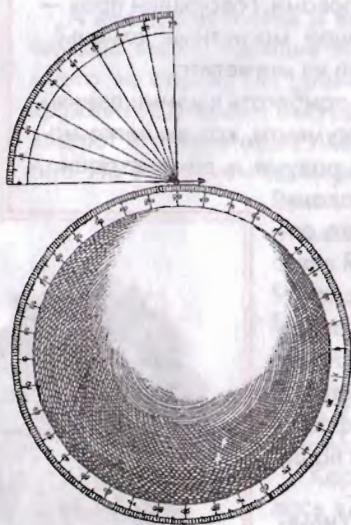
— Опыт есть основа науки. Но какой опыт? Разве количество бессистемно проделанных экспериментов приводит к пополнению копилки знаний? Надо не просто увеличивать количество опытов, а создать новый метод. И опираясь на него, выработать правила для произведения опытов. Только тогда они приведут к изобретению нового. А изобретение — высшая цель науки. Экспериментирование же наугад лишь вводит в заблуждение, а не просвещает людей...

Гильберт казался спокойным, хотя его руки задрожали.

— Если ваше величество позволит мне продолжить, то, возможно, я своими опытами сумею ответить сэру Фрэнсису.



Английская королева
Елизавета I
(1533—1603)



Терелла Гильберта



Компас Гильберта

Придворные перешептывались. Лорд-канцлер, наклонившись к королеве, говорил ей что-то на ухо. Глаза Елизаветы блестели. Она обожала споры. Конечно, если они не затрагивали интересов короны и государства.

— Продолжайте, сэра Уильям!

Гильберт стал водить магнитной стрелкой по поверхности тереллы.

— Взгляните, ваше величество, на разном отдалении от полюсов стрелка по-разному наклоняется, изменяя свое горизонтальное положение. Это обстоятельство было замечено еще двадцать лет назад верным подданным вашего величества, мореходом и строителем компасов Робертом Норманом. Он открыл наклонение магнитной стрелки к горизонту и тем самым доказал, что точка притяжения для нее находится не на небе... — Гильберт слегка поклонился в сторону лорда Адмиралтейства (зачем наживать себе врагов при дворе!), — ...а на земле.

Его слова заставили протиснуться вперед двух адмиралов. Их интересует: нельзя ли использовать способность магнитной стрелки не только для указания направления север—юг, но и для определения местонахождения корабля в открытом море?

— Наши моряки верят, что магнитную стрелку притягивают громадные железные горы, которые находятся на севере, — сказал один из них. — Мореплаватели рассказывают, что они притягивают



Морская карта с линиями магнитных склонений, составленная Гильбертом

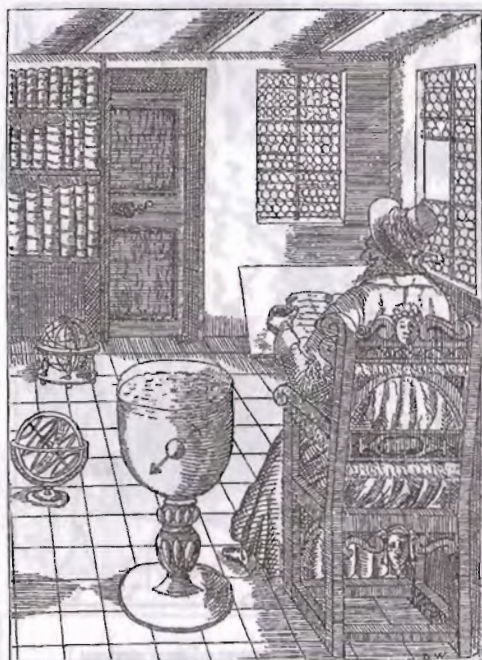
неосторожно приблизившиеся корабли, вырывают из них гвозди, и суда разваливаются, обрекая на гибель команду...

Гильберт терпелив. Он улыбнулся и напомнил об арабских сказках «Тысяча и одна ночь», где имеется подобный рассказ.

— Посмотрите, как ведет себя стрелка возле тереллы. Ее наклонение уменьшается к экватору, и, напротив, на магнитных полюсах стрелка изо всех сил стремится встать вертикально. Все дело в том, джентльмены, что наша Земля суть огромный магнит.

Затем Гильберт положил небольшие магнитные стерженьки в легкие кораблики и пустил их плавать в узкое корыто с водой. Всплескивали руками дамы, наблюдая, как навстречу устремляются суденышки со стерженьками, повернутыми друг к другу разноименными полюсами. И как расходятся те, на которых стержни смотрят друг на друга одинаковыми концами. Присутствующие были в восторге. Вот поистине сокрушающий ответ этому выскочке Бэкону. Действительно, победа очевидна. Королева улыбалась. А Гильберт продолжал:

— Если ваше величество соблаговолит согласиться с выводом, что Земля — магнит, то остается сделать один шаг до допущения, что



Магнитная стрелка,
свободно плавающая
в жидкости

и другие небесные тела, в особенности Луна и Солнце, наделены также магнитными силами. А коль скоро так, то не в магнетизме ли заключается причина приливов и отливов, не в нем ли и причина движения небесных тел?

Вряд ли кто-нибудь из присутствовавших мог понять всю глубину высказанного Гильбертом предположения. Один лишь Бэкон готовился вновь возразить. И он непременно сделал бы это, потому что Гильберт поддерживал учение польского астронома Николая Коперника о движении Земли, а Бэкон его отрицал. Но в это время кто-то больно наступил ему на ногу, и молодой стряпчий увидел рядом побелевшие от гнева глаза дяди.

— Не могли бы вы, сэр, немного переждать со своими заключениями, которые никого не интересуют.

Лорд-канцлер снял с пальца кольцо с крупным бриллиантом.

— Прошу вас, сэр Уильям, проверьте, не пропадет ли сила вашего магнита, если положить рядом этот камень? Ведь, кажется, есть мнение, что бриллианты уничтожают притяжение?..

— Милорд, — ответил врач, — боюсь, что одного камня, даже с вашей руки, недостаточно, чтобы проверить это утверждение. А у меня таких драгоценностей нет...

Взгляды присутствующих обратились к королеве. Поколебавшись, Елизавета приказала принести несколько крупных камней из сокровищницы. Такая игра ей нравилась. Во-первых, королеве всегда доставляло удовольствие любоваться блеском своих бриллиантов. Во-вторых, она была женщиной. И это — лишняя возможность похвастаться. А в-третьих... В-третьих, было, конечно, забавно посмотреть, не уничтожат ли драгоценные камни силу магнита.

Гильберт обложил магнит семнадцатью крупными алмазами и поднес к нему другой магнит. Раздался щелчок. Оба стержня слиплись. Присутствующие захлопали в ладоши.

— Ваше величество может убедиться, что и это мнение древних оказывается ложным. Однако силой притяжения обладает не один магнит. Древние и новые писатели упоминают, что желтый янтарь, будучи натерт, притягивает солому и прочие легкие тельца. Я же обнаружил, что не только это вещество обладает притяжением. Взгляните...

Гильберт укрепил в держателе из темного дерева один из бриллиантов королевы и стал натирать его полый плащ.

— Сэр Уильям, мы надеемся, что после этого опыта камень не исчезнет и не испортится? — обеспокоилась одна из присутствующих дам.

— Случись так, это было бы великим открытием. И ее величество, как истинная покровительница наук, я уверен, ни секунды не пожалела бы о такой потере. Корона Англии не обеднеет от такой жертвы.

Придворные изумились ловкости, с которой лейб-медик парировал обращенные к нему слова. А королева подумала, что ее врач не просто так напоминает о том, что научные искания стоят денег. Придется ему пожаловать какую-то сумму... Вдруг что-то и впрямь пригодится на флоте.

Гильберт тем временем уже поднес к натертому алмазу соломинку, наколотую на зубочистку. И все увидели, как под влиянием неизвестной силы соломинка тянется к камню.

— Точно так же притягивают легкие тела сапфир и рубин, опал, аметист, берилл и горный хрусталь. Даже простое стекло и непрозрачные сера и смола обладают подобной притягательной силой.



Притягивание магнитом
железных предметов



Японский и китайский компасы

Долго продолжались опыты. Гильберт забавлял присутствующих тем, что, незаметно водя магнитом под листом пергамента, поворачивал брошенные на его поверхность железные ключи и шпоры. Он заставлял танцевать обрывки бумаги, поднося к ним натертую стеклянную палочку или фигурку, выточенную из прозрачного янтаря.

— Многие тела после натирания принимают силу электрона — электризуются, — продолжил свои объяснения лейб-медик, — многие, но не все... Сколько бы мы ни терли благородный жемчуг и слоновую кость, прекрасный паросский мрамор и алебастр, они не приобретают электрической силы притяжения. Не электризуются и металлы...

— Но тогда природа магнитной силы и силы электрической должна быть различна? — Это восклицание непроизвольно вырвалось из уст Бэкона, вызвав снова ропот неудовольствия.

Гильберт задумался, но лишь для того, чтобы поточнее сформулировать ответ. Все эти вопросы тысячу раз продуманы им в тиши кабинета и за лабораторным столом.

— Сэр Фрэнсис прав. Об этом я уже писал в своей книге. Слишком много различий между проявлениями магнетизма и электричества, чтобы считать их природу единой.

Магнитная сила постоянна. Она — свойство, присущее телу, в духе великого Аристотеля. Притяжение же электрической силой создается лишь трением. Кроме того, магнит притягивает только железо. Его сила не боится ни воды, ни огня. Электрическая же сила при-

тягивает многие вещи, но она капризна и зависит от погоды, уничтожаясь при влажности. Некоторые философы считают, что трением изгоняется из тел тончайшая жидкость, служащая для их связи. Она-то и вызывает электрическое притяжение, подобно тому, как воздух заставляет стремиться к центру Земли все тела, когда их лишают опоры...

Королева зевнула. Ученая беседа наскучила всем. Один лишь Бэкон, казалось, готов был слушать до бесконечности. Но его глаза так часто загорались блеском еле сдерживаемого возражения, что Гильберт старался не смотреть в его сторону. Он устал от демонстраций. Не доверяя слугам, сам собрал приборы, отключаясь и ушел почти незамеченным.

Поспешим вслед за ним и мы. Тем более придворные вновь увлеклись дворцовыми сплетнями, разговорами о лошадях и о собаках для травли лисиц...

«Из доказательств наилучшее — есть доказательство опытом», — напишет Бэкон несколько лет спустя. И тут же добавит: «Однако нынешние опыты бессмысленны. Экспериментаторы скитаются без пути, мало продвигаясь вперед, а если найдется серьезно отдающийся науке, то и он роется в одном каком-нибудь опыте, как Гильберт в магнетизме».

Странное высказывание для того, кто во главу угла всей новой науки требовал поставить экспериментальный метод. Впрочем, сегодня нам трудно сказать, насколько принципиальны были те побуждения, которые двигали непоследовательным Бэконом в оценке трудов лейб-медика королевы.

Совсем иначе звучит отзыв другого современника Гильберта, итальянского ученого Галилео Галилея: «Величайшей похвалы заслуживает Гильберт... за то, что он произвел такое количество новых и точных наблюдений. И тем посрамлены пустые и лживые авторы, которые пишут не только о том, чего сами не знают, но и передают все, что пришло им от невежд и глупцов».

Жаль, что сам Гильберт не узнал об этой блестящей оценке. В марте 1603 года умерла королева, а несколько месяцев спустя — и ее врач. Перед смертью Гильберт завещал все свое имущество Лондонскому обществу медиков. Однако пожар уничтожил приборы. Осталось лишь сочинение «О магните...» да имя автора на обложке.



Галилео Галилей
(1564–1642)



Галилей и ученики

Много это или мало? Научные труды быстро стареют. На достижения первооткрывателей наслаиваются работы последователей, и те скоро начинают казаться невероятной архаикой. Впрочем, перелистав желтые страницы шести книг, переплетенных в телячью кожу. Попробуем пробиться через старинную латынь и выпишем свойства магнита, сформулированные Гильбертом:

«1. Магнит в различных своих частях обладает различной притягательной силой; на полюсах эта сила наибольшая.

2. Магнит всегда имеет два полюса: северный и южный, кои весьма различны по своим свойствам.

3. Разноименные полюсы магнитов притягиваются, одноименные отталкиваются.

4. Земной шар есть большой магнит.

5. Получить магнит с одним полюсом невозможно.

6. Магнит, подвешенный на нитке, располагается всегда в пространстве таким образом, что один его конец указывает на север, а другой — на юг».

С тех пор прошло много лет. Магнетизм веществ широко применяется в науке и технике. Без знания законов магнетизма были бы невозможны ни энергетика, ни радиотехника, ни морская и космическая навигация, ни приборостроение, ни автоматика и телемеха-

ника. Этот список можно продолжать до бесконечности, поскольку явления магнетизма важной составляющей частью вошли в саму основу нашей цивилизации.

А много ли нового о природе магнита узнали мы со времени Гильберта? Увы! Черный камень из страны магнетов по-прежнему крепко хранит в неприкосновенности свои главные тайны.

В память же о Гильберте единица разности магнитных потенциалов в Международной системе единиц (СИ) носит сегодня название «гильберт». И прав английский поэт Джон Драйден, написавший, что «Гильберт будет жить, пока магнит не перестанет притягивать».

Почему Земля — магнит?

Гильберт был уверен, что Земля состоит из магнитного камня. И ей присущи шесть свойств, сформулированных им. Для последующих веков этого объяснения стало мало. Можно составить длинный список гипотез, предложенных позже для пояснения сути наблюдаемого явления. Ученые разбирали причины земного магнетизма, не зная, по сути дела, ответа на главный вопрос: почему магнит притягивает?

Высказанные предположения можно разделить на две группы: первая — геомагнетизм имеет космическое происхождение; вторая — геомагнетизм — явление чисто земного характера. Потом, правда, появилась и третья группа гипотез, согласно которым магнетизм вообще есть универсальное свойство материи, находящейся в движении.

Когда ученые подсчитали, каким должно быть магнитное поле Земли, если оно создается полем Солнца и даже всей Галактики, то получили ничтожную величину. Поле Земли сильнее. Гипотезу космического происхождения геомагнетизма пришлось оставить.

После космоса естественно было искать причину во внутреннем строении самой Земли. Возникло несколько интересных гипотез, которые основывались на предположении о жидком состоянии земного ядра, состоящего из хорошо проводящего материала, скорее всего, из железа. В массе такого ядра неизбежны течения, разделение и движение зарядов, а следовательно, должны были возникать электрические токи, которые могли намагничивать Землю.

Одним из авторов подобной гипотезы был известный советский физик Я. И. Френкель, много сделавший в области теории магнитных явлений. Но для признания гипотез второй группы не хватало единого мнения о состоянии земного ядра. Действительно ли оно жидкое? Кое-кто из геофизиков считал его твердым.

В конце XIX века, изучая форму короны Солнца, астрофизики начали подозревать наличие магнитного поля и у нашего светила. Откуда же оно могло взяться у раскаленного газового шара?

Профессор Кембриджского университета и член Лондонского королевского общества Артур Шустер высказал вскользь идею: а не является ли магнетизм универсальным свойством всякого вращающегося тела?



Петр Николаевич
Лебедев
(1866—1912)

За разработку этой любопытной гипотезы взялся русский физик-экспериментатор Петр Николаевич Лебедев, работавший в Московском университете. Он придумал весьма остроумный эксперимент: заставить быстро вращаться металлическое кольцо и проверить, не станет ли оно при этом магнитом.

Кольцо в опыте Лебедева крутилось со скоростью 35 000 об/мин. Рядом стоял магнитометр, превосходящий по чувствительности все существующие приборы. Петр Николаевич предполагал, что под влиянием центробежной силы отрицательные заряды — электроны в атомах несколько сместятся. В результате поверхность тела получит некоторый отрицательный заряд, что и должно вызвать появление магнитного поля... Увы, магнитометр поля не обнаружил. Тем не менее в статье, описывающей эксперимент, русский ученый высказал весьма оптимистические надежды...

В 1947 году забытая гипотеза возродилась. Профессор Манчестерского университета Патрик Блэккет, член Лондонского королевского общества, высказал предположение, что появление магнитного поля вокруг вращающегося тела — закон природы.

Более того, опираясь на известные данные о скорости вращения Земли, Солнца и белого карлика — звезды E-78 из созвездия Девы — Блэккет дал формулу, позволяющую рассчитать зависимость магнитного поля от вращения тела. В нее вошли такие константы, как скорость света и гравитационная постоянная, что наводило ученых на мысль: а не путь ли это к единой теории поля, над которой безрезультатно бились много лет теоретики во главе с Эйнштейном?

Блэккет сам решил экспериментально проверить правильность своих предположений. «В чистом поле», то есть подальше от возможных источников посторонних магнитных полей, которые в изобилии создают промышленные предприятия, возвели «экспериментальное здание» — сарай, построенный без железных деталей. Чувствительность установленного магнитометра позволяла заметить

ничтожную величину изменения магнитного поля — десятимиллиардную долю гаусса. Ночью с большими предосторожностями привезли цилиндр из чистого золота массой 20 кг. Золото — заведомо немагнитный металл. Цилиндр неподвижно установили в том же сарае. Блэккет считал, что достаточно вращения Земли, чтобы вокруг цилиндра появилось магнитное поле. Если формула, составленная им, справедлива, то магнитометр отметит его появление. Если же не отметит, то его предположения неверны.

Смысл статьи, опубликованной ученым после эксперимента, сводился к короткому отрицанию — нет! Задуманный эксперимент опроверг гипотезу.

Сначала Блэккет собирался произвести еще один опыт с вращающимся цилиндром. Но, по его же словам, после первой неудачи охладел к самой идее. На Земле наступал космический век. Он поставил многие «старые» вопросы по-новому... При небольшом удельном весе и небольшой общей массе у Луны жидкого металлического ядра быть не может. Значит, если верна гипотеза Френкеля и других ученых, у нее не должно быть и магнитного поля... Так и оказалось. Автоматы это подтвердили. Но почему тогда межпланетные автоматические станции не сумели найти магнитного поля у Венеры? Ведь эта планета по массе и плотности сходна с Землей. По идее, у нее должно быть и жидкое ядро. Правда, Венера, в отличие от нашей планеты, летит по своей орбите вокруг Солнца, еле поворачиваясь вокруг своей оси.

Обнаружились новые факты и на Земле. В 50-х годах XX века ученые установили, что многие горные породы намагничивались во время их образования. При этом направление их намагниченности, естественно, совпадало с направлением геомагнитного поля. Раз возникнув, намагниченность во многих случаях с тех пор не менялась. Не значит ли это, что, определив ее для горных пород различного возраста, мы узнаем и всю историю магнитного поля нашей планеты?

Вроде бы никаких видимых противоречий в высказанном предположении нет. Правда, задача это не простая. Однако ученые — народ трудолюбивый. Они отработали методику восстановления магнитного поля Земли для прошедших геологических эпох. Собрали образцы из разных мест земного шара. Исследовали их. Обработали и обобщили результаты и...



Патрик Мейнард
Стюарт Блэккет
(1897—1974)

В 1963—1968 годах магнитологи А. Кокс, Р. Доэлл и Г. Далримпл опубликовали результаты серии своих работ. В них они сопоставили намагниченность взятых из различных районов земного шара двухсот сорока образцов, возраст которых был определен. Результаты исследований оказались поразительными. Получалось, что за истекшие последние 4,5 миллиона лет (срок весьма скромный для жизни нашей Земли) планета четырежды (!) меняла полярность своего магнитного поля на противоположную. Недопустимое легкомыслие для солидного космического тела. Может быть, в исследования ученых вкралась ошибка? Ведь изменения геомагнитного поля не могут пройти бесследно для жизни всей планеты. Слишком многое с ним связано.

Потрясающее открытие было подтверждено и работами специально оборудованного судна «Гломар Челленджер», пробурившего в океанском дне множество скважин и добывшего из них колонки керна. В них тоже были обнаружены слои с нормальной и обратной намагниченностью. При этом обращение полярности происходило не скачками, в результате какого-то катаклизма, а постепенно. В течение нескольких тысячелетий геомагнитное поле убывало, а потом снова нарастало, но уже с противоположным знаком. Такие периоды бывали в истории Земли и в более древние времена. А как сейчас?

Приближенно мы и сегодня можем рассматривать магнитное поле Земли, как во времена Гильберта, в виде поля «магнитной палочки», небольшого линейного магнита, спрятанного в центре нашей планеты. Магнит этот наклонен примерно на одиннадцать градусов относительно оси вращения. Само же поле как бы состоит из двух частей: большей (от «магнитной палочки») и меньшей (зависящей, возможно, от намагниченности горных пород). Результаты измерений за сто пятьдесят лет показывают, что большая часть геомагнитного поля — дипольная — убывает. И довольно быстро — примерно на 5% за столетие. Экстраполируя результаты, можно прийти к выводу, что через две тысячи лет магнитное поле Земли снова «опрокинется». Так что мы живем в эпоху обращения полярности...

А ведь напомним, что именно геомагнитное поле отклоняет в полярные области потоки заряженных частиц, которые выбрасывает из своих недр Солнце. Оно же образует радиационные пояса вокруг планеты. Магнитное поле участвует в работе космической и наземной радиосвязи, радионавигации. Наконец, между состоянием магнитного поля Земли и климатом, как утверждают некоторые ученые, есть весьма существенная зависимость. Что же произойдет, когда оно уменьшится до минимума, а затем станет даже обратного

знака? Человечеству далеко не безразлично состояние и эволюция всей магнитосферы Земли. Весьма насущные проблемы требуют от геофизиков детального знания как количественных характеристик магнитного поля Земли, так и тенденций его изменения.

Все это хорошо! А почему все-таки Земля — магнит? Ведь именно так мы поставили вопрос в заголовке. Вопрос нелегкий. Одним из наиболее правдоподобных ответов на него может быть, пожалуй, гипотеза о динамомеханизме в жидком земном ядре.

По современным представлениям, Земля — довольно сложная система. Это вращающийся толстостенный шар, стенки которого состоят из вещества мантии, а внутренняя полость заполнена хорошо проводящей электрический ток жидкостью, в самом центре которой плавает твердое ядро.

При вращении планеты внешний слой ее жидкого пласта может несколько отставать от вращения коры и мантии, порождая внутри проводящей жидкости течения...

А теперь закройте на минутку глаза и представьте: в слабом магнитном поле, созданном геомагнитными материалами, вращается замкнутый контур из хорошего проводника. Да ведь это не что иное, как генератор — динамо. Отставая от общего вращения, проводящий слой пересекает силовые магнитные линии слабого изначального магнитного поля, и в нем возбуждается электрический ток. Но этот электрический ток обладает собственным магнитным полем, которое складывается с начальным и усиливает его. Большее магнитное поле порождает и более сильный электрический ток. Получается как бы электрогенератор с самовозбуждением.

Самое интересное, что эта гипотеза позволяет объяснить и периодическую смену полярности геомагнитного поля. Для этого электромагнитные процессы в земном ядре нужно смоделировать и представить в виде работы двух взаимодействующих дисковых динамо, в которых ток одного подпитывает магнитное поле другого и наоборот. Основания для такой аналогии есть: уравнения, описывающие механизм движения в жидком слое земного ядра, схожи с уравнениями для цепочек взаимодействующих динамо.

Магнитное поле такой системы периодически меняет свою полярность. Так что с математической точки зрения способность геомагнитного поля к «самоопрокидыванию» перестает быть загадочной. Вот только узнать бы точно, как устроено ядро Земли...

Не упрекайте автора в том, что он слишком отклонился от путешествия в прошлое и перешел к понятиям современности. Мы живем не в XVII веке и вооружены знаниями своего времени. А задача истории заключается не в простом восстановлении картины прошед-

ших эпох, а в понимании пути прогресса, того, как дошли люди от удивления перед чудесами до того, чтобы поставить эти чудеса себе на службу и в конце концов создать себе тот электромагнитный мир, в котором мы живем сегодня.

Бургомистр Магдебурга

Следующая остановка в нашем путешествии сквозь время и пространство приходится примерно на середину XVII столетия. Город Магдебург. Не успев приехать, мы сразу понимаем, что время для посещения выбрано не лучшее. На территории Германии, раздробленной на бесчисленные княжества, догорает Тридцатилетняя война — первый, но, к сожалению, не последний общеевропейский конфликт. Разделившись на два лагеря, государства пытаются доказать свои права диктовать волю «всему христианскому миру». В едином блоке с испано-австрийскими Габсбургами, поддерживая императора (сначала Матвея, а потом подряд двух Фердинандов), выступало папство, польско-литовское государство и католические князья Германии.

В антигабсбургскую коалицию в разное время, кроме немецких протестантских князей, заинтересованных в сохранении своих земель и независимости, вступили Чехия и Дания, Голландия, Швеция, Россия, Англия и, наконец, Франция. Но основные бои разворачивались в центре Европы, где владетельные немецкие князья не могли договориться между собой. В результате в последний период войны, охватывающий 1635—1648 годы, и союзники и противники одинаково вытапывали нивы, разоряли города. Мародеры шведско-французских войск ничем не отличались от мародеров имперско-испанских. Население разграбленных княжеств вело непрерывную и ожесточенную партизанскую войну с теми и другими.

Но военный перевес явно склонялся в сторону Франции и Швеции. Возникла даже перспектива раздела Германии между этими странами, когда в 1648 году был заключен Вестфальский мир.

Магдебург особенно пострадал в войне. После долгой осады ландскнехты Габсбургов захватили штурмом и разграбили город. Они перебили множество горожан, а потом все сожгли дотла. Но подошли войска шведского короля, и наемники отступили. Вместе со шведами возвратились на родное пепелище успевшие уехать именитые горожане, среди которых был и молодой сын местного пивовара Отто Герике.

Он много лет изучал правоведение, математику и механику в Голландии и в германских университетах, а потом служил инженером

в шведских войсках. Но пришло время продолжить семейную традицию. Глазам вернувшихся открылась страшная картина полного разрушения. Но люди редко предаются отчаянию подолгу. Оставшимся в живых предстояло немало работы: нужно было прокладывать улицы среди руин, возводить новые мосты. Тут-то и пригодился инженер Отто Герике. И он с жаром принялся за работу...

Профессия инженера довольно древняя. Сначала так называли тех, кто управлял военными машинами, потом добавили к ним саперов, подрывников. В XVI веке в Голландии появились первые гражданские инженеры — специалисты по строительству дорог и мостов.

Постепенно, как сказочная птица Феникс, новый Магдебург восстал из пепла на берегу Эльбы. Но положение города оставалось непрочным. Войска то одной, то другой воюющей стороны располагались в нем на постой. А после заключения мира саксонский курфюрст вообще прислал в него постоянный гарнизон. Нелегко было горожанам содержать прожорливых солдат. И тогда у «отцов города» возникла мысль: а не послать ли молодого пивовара-инженера ко двору? Пусть попробует уговорить курфюрста отозвать гарнизон и разрешить заменить его городской милицией. Не зря же Герике, кроме механики, учился еще и правоведению.

Сложная миссия увенчалась успехом. Солдат вывели, жители из своих рядов избрали городскую милицию, а удачливого дипломата сделали своим бургомистром.

Единственное, что смущало горожан в Герике, так это то, что одновременно с пивоварением и многочисленными обязанностями по городу молодой бургомистр увлекался физическими экспериментами. Он вытягивал воздух насосом из бочки и стеклянной бутылки, и последняя лопалась со страшным звоном. Он велел отковать два медных полушария, снабдил их краном, сложил и тоже откачал воздух. Полушария так слиплись, что и шесть впряженных лошадей не могли оторвать половинки друг от друга. Но стоило открыть кран и впустить туда воздух, как они сами собой свободно распались...

Чудеса! Конечно, лучше бы он только варил пиво. Это для бургомистра куда как солиднее. Но поскольку научные занятия инженера не мешали городским делам и доходам, горожане смотрели на его чудачества снисходительно. А когда, показав кое-что из своих «кунштуков» при дворе курфюрста, Герике добился новых льгот для



Отто Герике
(1602—1686)

Между тем его собственное сочинение подвигалось вперед трудно. Никогда он не думал, что писание требует столько времени и усилий. Наконец в 1663 году Герике отдал рукопись амстердамскому издателю. Теперь оставалось только ждать. Незаметно бежало время. Он был уже не безвестным экспериментатором и не простым пивоваром. За научные заслуги император возвел его в дворянское достоинство, после чего он смог добавлять к своей фамилии приставку «фон». Вот только годы не ждали...

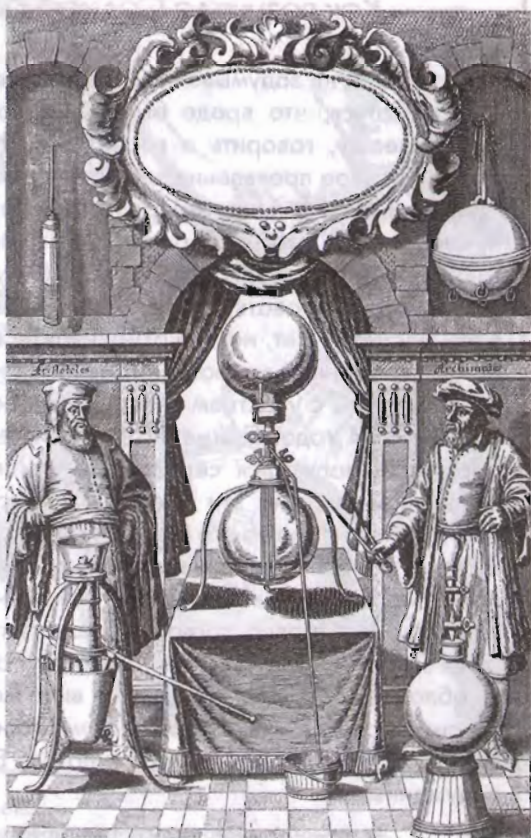
Ему исполнилось уже семьдесят, а его книга с прекрасным правдивым описанием опытов и великолепными рисунками, которые так дорого ему стоили, все еще не могла увидеть света.

Лишь в 1672 году вышла книга из-под пресса типографии. Герике был счастлив. Его не расстроило даже то, что в качестве гонорара пришлось довольствоваться только семьюдесятью пятью экземплярами первого тиснения да обещанием книгоиздателя прислать еще двенадцать со второго издания, коли оно будет. Бургомистр все чаще задумывался о том, сколько лет у него украли неблагодарные городские дела и политика! Он чувствовал усталость, но город и слушать не хотел о его отставке. Наконец, после неоднократных заявлений, просьбу его удовлетворили. Можно было заняться экспериментами. Любопытные горожане стали чаще видеть громоздкую фигуру своего «десятипудового бургомистра» (именно такое прозвище дали ему насмешники) в окнах домашнего кабинета. Но продолжалось это недолго.

Через два года после его отставки в Магдебурге началась чума. Новые власти делали, по его мнению, все не так, а его не слушали. Старик!.. Обидевшись, Герике покинул родной город и уехал к единственному сыну в Гамбург. И там вскоре умер в возрасте восьмидесяти четырех лет.

Книга Отто фон Герике разлетелась по многим европейским странам и побудила естествоиспытателей повторять и проверять описанные опыты. И это было прекрасно, потому что, проверяя, ученые невольно изменяли условия эксперимента и получали новые результаты, накапливали новые факты.

В Италии опыты с электрическим притяжением и отталкиванием вели члены Академии дель Чименто. В Англии Роберт Бойль, опытный экспериментатор, нашел, что все тела обнаруживают большую электрическую силу, если их перед натиранием чисто вытереть и согреть... Не оттого ли теплым солнечным днем даже нос почтенного магдебургского бургомистра принял такое живое участие в игре с пушинкой?



Титульный лист трактата
фон Герике «Новые опыты
в пустом пространстве»

Славу Бойля составили его пневматические эксперименты. И он решил проверить, как ведут себя наэлектризованные тела в пустоте. Оказалось, что электрическая сила не зависит от наличия воздуха. Но что же она тогда собой представляет?

Во Франции некто Пикар, изготавливая трубку для барометра, заполнил ее ртутью и перевернул, чтобы в запаянном конце осталась торричеллиева пустота. Вечером, случайно встряхнув прибор, он обнаружил слабое свечение ртути. «Живое серебро» начало светиться при встряхивании трубки. Почему?

Опыт этот породил много споров. Одни считали, что в ртути присутствует особый «меркуриальный фосфор». Другие осторожно говорили, что причиной свечения может быть электризация стеклянных стенок трубки при встряхивании ртути. К единому мнению так и не пришли. Нужны были новые опыты, новые исследования.

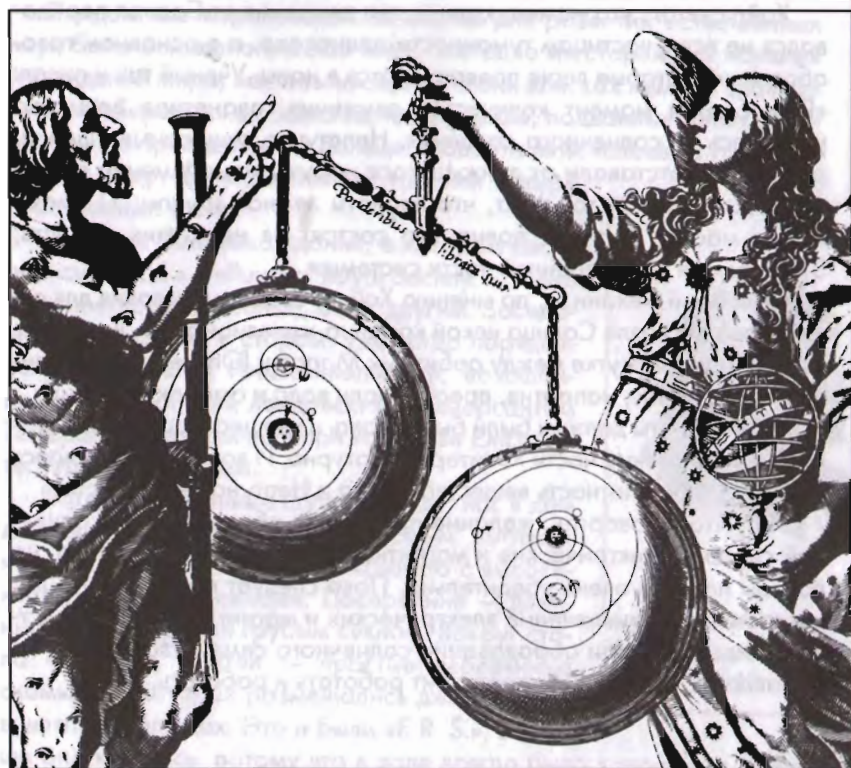
Как возникла Солнечная система?

Вы никогда не задумывались над этим вопросом? Кое-кому может показаться, что вроде бы неуместно в книжке, посвященной электричеству, говорить о космогонии. Но это только на первый взгляд. Главное проявление электрических и магнитных сил — в притяжении и отталкивании. А разве это не те воздействия, которые нужны для того, чтобы собрать вместе пыль и обломки вещества, летающие в космосе, закрутить их в огромную карусель, разделить на части и сформировать из главного кома звезду, а из комков поменьше — планеты? Нет, нет, не отмахивайтесь от такой идеи.

В современной космогонии отсчет времени жизни космогонической гипотезы с участием электромагнитных сил ведется обычно от 1912—1914 года. Примерно тогда известный норвежский физик Биркеланд попытался серьезно ввести в механизм образования Солнечной системы эти силы. Поскольку первоначальная туманность должна была во что бы то ни стало состоять из смеси заряженных частиц, Солнце вполне могло сыграть роль «сепаратора» и распределить беспорядочно летающий вокруг него рой частиц по слоям, или кольцам. Правда, тогда все планеты по своему составу должны были бы резко отличаться не только друг от друга, но и от оставшихся обломков, залетающих к нам в виде метеоритов. Между тем метеориты, падающие на Землю, почему-то имеют очень сходный с нею состав... Нет, похоже, что-то в гипотезе Биркеланда оказалось недодуманным.

Астрономы много лет спорили о том, что представляет собой Солнечная система. Дольше всех моделей продержалась схема древнегреческого астронома Птолемея, который ставил в центр мироздания Землю. Датский астроном Тихо Браге не решился сдвинуть Землю с мирового центра, но заставил некоторые планеты обращаться вокруг Солнца. И лишь польский астроном Николай Коперник проложил Земле и другим планетам путь по орбитам вокруг центрального светила.

После окончания Второй мировой войны шведский астрофизик Ханнес Альфвен развил предположения, высказанные Биркеландом в начале века. Он представил, что туманность, окружавшая светило, состояла из нейтральных частиц, а вот Солнце обладало сильным магнитным полем. Под действием излучения Солнца и собственных столкновений атомы ионизировались. При этом ионы попадали в ловушки из магнитных силовых линий и увлекались вслед за вращающимся светилом. Постепенно Солнце теряло свой вращательный момент, передавая его газовому облаку. Но и в этом случае атомы более легких элементов должны были ионизироваться вбли-



Аллегорический рисунок XVII века.
Муза астрономии Урания взвешивает мировые системы

зи Солнца, а атомы тяжелых элементов — дальше. Следовательно, и ближайшие к Солнцу планеты должны состоять из наилегчайших элементов, то есть из водорода и гелия, а более отдаленные — содержать в себе железо и никель... Увы, астрономические наблюдения и космические исследования утверждают как раз обратное!

Конечно, электромагнитные силы должны были играть роль в формировании планетной системы, но какова эта роль? Английский астроном Фред Хойл предложил новый вариант гипотезы... Сначала, как и полагалось, в недрах огромной туманности, обладавшей изначально магнитным полем, зародилась звезда — Солнце. Она быстро вращалась, и туманность становилась все более плоской, похожей на диск. Этот диск постепенно разгонялся, «забирая» движение у центрального светила и передавая его образующимся планетам. Солнце постепенно «притормаживалось».

Хойл считал, что момент количества движения от Солнца передавался не всем частицам туманности одинаково, а в основном газообразным, которые легче превращаются в ионы. Ученый так и писал: «Приобретая момент количества движения, планетное вещество удалялось от солнечного сгущения. Нелетучие вещества конденсировались и отставали от движущегося наружу газа. Именно с этим процессом связан тот факт, что планеты земной группы: 1) имеют малые массы; 2) почти полностью состоят из нелетучих веществ; 3) находятся во внутренней части системы».

Подобный механизм, по мнению Хойла, создавал условия для существования возле Солнца некой каменно-железной зоны, которая в широком промежутке между орбитами Марса и Юпитера переходила в область, где, напротив, преобладали вода и аммиак, а дальше... Дальше планеты должны были бы состоять из веществ еще более легких, чем составные части Юпитера и Сатурна. И вот тут-то получался «прокол», ибо плотность вещества Урана и Нептуна снова растет!

Нет, что и говорить, желание привлечь к образованию Солнечной системы электрические и магнитные силы вполне похвально, но доводы пока не очень убедительны. Пока следует признать, что даже частичное привлечение электрических и магнитных сил в качестве созидающих при образовании солнечного семейства надежд не оправдало. Ученым еще предстоит работать и работать...

Глава 3

От явления к эксперименту

Фрэнсис Гауксби, «F. R. S.»,
демонстрирует «эффлувиум»

На площади Пикадилли в Лондоне, перед Барлингтон-Хаузом, в наши дни всегда полно машин. Однако современные автомобили не портят вида этого старого здания с тремя разномастными этажами и балюстрадой на крыше. Более того, скопление транспортных средств даже как-то подчеркивает значимость строения. Не ищите на нем вывеску или табличку. Любой лондонец и так вам скажет, что здесь находится Королевское общество. Это его современное помещение.

Лондонское королевское общество для развития естественных наук было основано в 1660 году. Это одно из старейших научных учреждений мира, насчитывающее в своих списках немало славных имен. Избираются в общество, как правило, подданные Великобритании или Ирландии и не больше двадцати пяти человек в год. Кроме них могут быть добавлены три или четыре иностранных члена.

В начале XVIII века здание, в котором собирались «F. R. S.» (Fellows of Royal Society — члены Королевского общества), было другим. Заседания происходили в старом, уже тогда порядочно обветшавшем Грешем-колледже, завещанном науке богатым лондонским коммерсантом Томасом Грешемом еще при королеве Елизавете. Туда мы и пойдём...

Потертые каменные ступени вводят нас в дом довольно мрачного вида. Угрюмым выглядит и зал заседаний — большая комната с высокими стрельчатыми окнами. Посередине — длинный стол, накрытый грубым сукном. Вокруг стола — стулья, у стен — простые деревянные скамьи, на которых размещались джентльмены в шляпах и плащах. Это и были «F. R. S.». В плащи они кутались, потому что в зале всегда было холодно, а шляпы в ту пору джентльмены снимали лишь в церкви и перед королем.

Стулья пока пусты. Они предназначены для важных титулованных гостей и для докладчика. За столом, спиной к пылающему камину, сидит председатель собрания — президент общества, рядом с ним — неперемный секретарь.

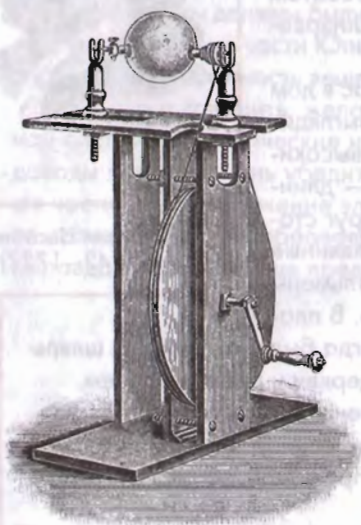
Председательствующего нельзя не узнать, это сэр Исаак Ньютон! С 1703 года, после смерти коллеги, помощника и непримиримого врага одновременно, куратора-попечителя и организатора опытов Роберта Гука, Ньютон согласился возглавить общество. Несмотря на полное отсутствие способностей к руководству, его почти четверть века ежегодно переизбирали на этот почетный пост. Великому ученому вовсе не обязательно быть и великим организатором. Сэр Исаак Ньютон торжественно председательствовал на собраниях, восседаая на мешке, набитом по традиции овечьей шерстью.

Надо признать, что со смертью Гука оборвалась и блестящая пора выдающихся совместных опытов в Лондонском королевском обществе. Кабинет с великолепной коллекцией приборов, инструментов пришел в упадок. Джон Бернал в книге «Наука в истории обще-



Исаак Ньютон
(1643–1727)

ства» описывает впечатления посетителя, побывавшего в Грешем-колледже в 1710 году. Коллекция инструментов «не только не была сколько-нибудь аккуратно прибрана, но, наоборот, покрыта пылью, грязью и копотью, и многие инструменты были сломаны и окончательно испорчены. Стоит только попросить тот или иной инструмент, как оператор, обслуживающий посетителей, обычно отвечает: «Его украл какой-то негодяй» — или, показывая его обломки, заявляет: «Он испорчен или сломан»; и так они заботятся об имуществе». Единственным прогрессом явился переезд общества в 1710 году по настоянию Ньютона в новый дом на Флит-стрит. Но это был успех, так сказать, в административно-хозяйственном плане.



Светящийся шар на электрической машине Гауксби

Начало XVIII столетия вообще характеризуется как период затишья в английской науке. Предприимчивые купцы-дворяне, открывавшие в XVII столетии новые земли, уступили свое место более богатым, но менее любознательным спекулянтам новыми землями. А для спекуляций знания законов природы были необязательны. В упадке же экспериментального искусства среди членов Королевского общества сказалась и многолетняя личная неприязнь Ньютона к коллеге Роберту Гуку. Но тем интереснее отметить те немногочисленные эксперименты, которые все же ставились на его заседаниях.

Вот открывается дверь, ведущая во внутренние помещения Грешем-колледжа, и два оператора вносят какой-то станок, похожий на ножное точило. Такая же станина, большое колесо с ручкой, а наверху вместо точильного камня прилажен стеклянный шар, из которого выкачан воздух. Следом за установкой появляется и ее изобретатель Фрэнсис Гауксби — демонстратор, подготавливающий опыты для очередных заседаний. После смерти Гука он занял его место, вступив в должность одновременно с новым президентом.

Операторы задергивают шторы на окнах. В сумрачном помещении становится совсем темно. Затем один из операторов начинает вращать ручку машины, а Гауксби прижимает ладони к шару...

И о чудо! Натертый шар начинает светиться. Точь-в-точь как светились барометрические трубки с ртутью у француза Пикара при встряхивании.

Разве это не ответ на вопрос о природе свечения? Разве это не решающее доказательство того, что свет есть результат электризации, а не какого-то там «меркуриального фосфора» в духе алхимиков прошлых веков? Но опыт на этом не кончается. Остановив вращение, экспериментатор подносит к погасшему и темному шару руку. И тотчас же большая, едва ли не в дюйм (около двух с половиной сантиметров) величиной, голубая искра с треском выскакивает из наэлектризованного прибора и ощутимо клюет поднесенный палец.

Значит, электричество рождает не только силу притяжения, но и искры... Интересно бы узнать, холодные они или горячие? Ученые джентльмены по очереди подносят пальцы к вновь и вновь электризуемому шару и вскрикивают, ощутив укол. Все это чудесно и непонятно. Правда, кто-то вспоминает, что несколько лет тому назад некий доктор Уолл, натерев янтарь, также извлек из него искру, предположив, что ее свет и треск представляют собой в некотором роде молнию и гром. Но природа атмосферных явлений была в то время совершенно неизвестна людям. Многие продолжали считать молнию вспышкой воспламеняющихся серных паров, накапливающихся в атмосфере. И блестящая догадка Уолла осталась незамеченной. Сам Гауксби, подобно своим предшественникам, полагал, что заряженные тела являются источниками некоего «эффлувиума» — истечения, переходящего с наэлектризованных тел на ненаэлектризованные. Оттого-то, дескать, последние и светятся вблизи наэлектризованных тел. Иногда вместо своей машины со стеклянным шаром Гауксби применял для электризации длинные стеклянные трубки.

Ньютон не оставался равнодушным к демонстрациям электрических явлений. Как и другие «F. R. S.», он с любопытством смотрел на манипуляции хранителя приборов, снисходительно восхищался результатами, но не больше. Главные работы Великого Физика остались позади. Теперь его больше интересовали вопросы истории, хронологии и религии. Да и сами опыты Гауксби не производили такого громкого впечатления, как некогда, скажем, эксперименты Бойля и Гука или немца Герике. И внимание к чуть заметным проявлениям электричества со стороны ученого мира XVIII столетия было явно недостаточным. А после смерти Гауксби работы в области электричества в Лондонском обществе и вовсе прекратились.

Хорошие и плохие проводники сэра Стефана Грея

Мы знакомимся с сэром Стефаном Греем в 1729 году. Почтенному джентльмену за шестьдесят. Он учен, любознателен, довольно богат, член Лондонского королевского общества — «F. R. S». Впрочем, нет. Заветный титул он получит лишь через три года, незадолго до своей смерти. В истории сведений о нем сохранилось немного. Говорили, что в молодости был он будто бы оптиком. Но шлифование линз в XVII веке было общим увлечением людей, желавших прослыть «не чуждыми просвещения».

В описываемое время Грей пытался выяснить, изменяется ли характер электризации стеклянной трубки от того, закрыта она пробкой или нет. Он заткнул с обоих концов длинную стеклянную трубку пробками и принялся натирать стекло... Провел натертой трубкой над обрывками бумаги. Вроде бы характер электризации остался прежним. Но вот что удивительно: контрольные клочки бумажек притягивались не только стеклом, но и пробками. Значит, электричество перешло на пробки. Ну, а если воткнуть в пробку сосновую щепочку?.. Прекрасно, и по ней распространяется таинственная материя. А если заменить щепочку проволокой с шариком из слоновой кости на конце? И в этом случае шарик отменно шевелил легкие обрывки бумаги. Значит, электричество добралось до него, и он наэлектризовался. «Интересно, — подумал экспериментатор, — на какое же расстояние способна распространяться электрическая сила?»

Внизу постучали. Это был священник Уилер, член Лондонского королевского общества и его старый друг. «Как нельзя кстати», — подумал Грей.

Он объяснил суть задуманного эксперимента, и джентльмены принялись за опыты вдвоем. Они меняли толщину бечевки, идущей от заряженной стеклянной трубки к костяному шарiku, и наращивали ее. Придавали бечевке вертикальное положение, спуская ее с балкона, и горизонтальное, подвешивая на тонких шелковых нитях. Электрическая сила послушно распространялась и заряжала шарик. Но когда одна из шелковых нитей оборвалась и ее заменили медной проволокой, зацепленной за водосточный желоб, опыт не удался. Шарик оказался не наэлектризован.

— Не кажется ли вам, Уилер, — задумчиво проговорил Грей, — что в деле проведения электричества суть не в толщине нити, а в ее материале?

Это был интересный вывод, и оба друга вполне его оценили. Повидимому, разные вещества по-разному проводят электричество. Одни лучше, другие хуже.

Все последующие дни были заполнены опытами. Они обнаружили, что не только шелк, но и волосы, смола, стекло и некоторые другие материалы позволяют использовать их для сохранения электричества. Грей сажал собаку на смоляную подставку и заряжал электричеством от натертой стеклянной трубки. И пока животное не сходило с подставки, оно сохраняло в своем теле сообщенное ему электричество.

Он позвал мальчика-грума и за шиллинг уговорил его лечь на приготовленные волосяные петли, подвешенные к потолку. Потом сообщил ему электрическую силу, и мальчик пальцем стал притягивать с пола пушинки и обрывки бумаги.

А однажды Грей убедился, что электризация тел возможна и без прямого касания, стоит поднести к телу заряженную стеклянную трубку. Об этом писали некоторые естествоиспытатели, но им мало кто верил.

После множества проделанных экспериментов ученый задумался: где в теле хранится запасенное электричество? Он заказал два одинаковых по размерам куба из сухого соснового дерева. Один сплошной, другой полый. Подвесил их на шелковых нитях и прикрепил к каждому по листочку тонкой фольги. Затем наэлектризовал стеклянную трубку и поставил ее точно посередине между кубами.

Листочки отклонились одинаково. Значит, оба куба восприняли одинаковое количество электричества. Но поскольку один из них, сколоченный из досок, был полым, то следовало сделать вывод, что распределяется электричество только по поверхности кубов. Это был прекрасный опыт, и он дал блистательный результат!

Гильберт, а за ним и Герике делили все тела на электрические, то есть те, которые при натирании приобретают способность притягивать, и неэлектрические (в основном это были металлы) — не приобретающие при натирании способности притягивать легкий сор. А Грей обнаружил, что трением можно электризовать любые тела. Только в одних, например в смоле, янтаре, стекле, электрическая сила сохраняется долго, а из других (например, из металлов) она тут же уходит, стоит к этим телам прикоснуться. Однако если металлический предмет обособить, лишить связи с землей, иначе говоря, если



Опыт Грея — электризация человека, подвешенного на волосяных петлях



Опыт с электрическим маятником из легких бузиновых шариков

его изолировать, то и в нем можно возбудить трением электрическую силу.

В двух палочках, стеклянной и металлической, Грею удалось почти тридцать дней сохранять электрическую силу, подвесив их к потолку на шелковинках. Но коли так, то классификация, предложенная Гильбертом, неверна. Тела следовало бы делить просто на хорошие и плохие проводники, а не на электрические и неэлектрические.

Попросив у Уилера железный ключ, Грей намагнитил его и показал, что, наэлектризованный, он притягивает к себе легкие предметы ничуть не меньше и не больше, как если бы и не был вовсе намагничен. Это говорило о том, что магнитные явления не мешают электрическим, равно как и наоборот...

Впрочем, выводы пусть делают другие. Потому что сразу же возникал вопрос, от которого стремились уйти все естествоиспытатели: что же является таинственным носителем электрических сил?

Результаты своих опытов Грей аккуратно публиковал в журнале, издаваемом обществом. Он никогда не спешил с выводами. После смерти Ньютона англичане, ошеломленные тем, что среди них жил такой гений, следовали заветам сэра Исаака Ньютона иной раз излишне буквально. Может быть, именно поэтому Стефан Грей, скромно описывая в своих сообщениях результаты опытов, даже не

пытался их объяснять, хотя многие из них противоречили утверждениям великих авторитетов.

Однако может ли ученый, исследователь наблюдать и изучать, скажем, некое явление, не задумываясь над его сутью? Вряд ли. Каждый исследователь обязательно создает для себя рабочую модель — упрощенное представление изучаемого процесса. По-видимому, и у Грея было неотчетливое представление об электричестве как о чем-то, «что пронизывает все наэлектризованное тело и заполняет поры этого тела».

Такой взгляд не был новостью для английской науки. Еще в самом начале XVIII столетия Фрэнсис Гауксби, первым применивший для электризации тел длинные стеклянные трубки, показывал на заседаниях Лондонского королевского общества свечение стекла, как и янтаря, при натирании его шерстяной материей. Он же демонстрировал истечение какой-то светящейся эманации с острия сильно наэлектризованного тела.

Ньютон, не раз видевший эти эксперименты, уходил с заседаний в глубокой задумчивости. Сэр Исаак был признанным лидером сторонников «действия сил на расстоянии» в пустом мировом пространстве, но под влиянием опытов Гауксби он в своих размышлениях снова и снова возвращался к гипотезе эфира, заполняющего Вселенную...

Впрочем, и Гауксби, и Грей отлично понимали, что, прежде чем говорить о сущности электричества, следует накопить о нем как можно больше сведений.

К сожалению, сэр Стефан не успел проделать все задуманные опыты. В 1736 году семидесятилетний ученый скончался.

«Грей был прекрасным, необыкновенно остроумным экспериментатором, — говорил опечаленный смертью друга Уилер на заседании общества. — И нам остается только пожалеть, что идея начать исследования в этой области пришла к нему так поздно».

О «СТЕКЛЯННОМ» И «СМОЛЯНОМ» электричестве

Расстояние от Лондона до Парижа невелико, и известия Королевского общества быстро достигали берегов Сены. Несмотря на ревнивое неприятие французами всего английского, труды Ньютона и других британских ученых внимательно читались в Париже. Пожалуй, можно сказать, что одним из первых естествоиспытателей на континенте эти идеи воспринял Шарль Франсуа де Систерне Дюфе — французский физик, с двадцати пяти лет — член Париж-

ской академии наук. Он занимался оптикой и механикой, теплотой и магнетизмом. А когда в лондонском журнале прочитал сообщение об опытах Грея, то навсегда «заболел» электричеством.

В юности родные определили Шарля Франсуа на военную службу, к которой он не имел ни малейшей склонности. Дослужившись до скромного чина младшего армейского офицера, Дюфе подал в отставку по причине слабого здоровья и с удовольствием стал заниматься наукой. Сначала его привлекала химия. Но когда подвернулась возможность поступить в Парижский ботанический сад, Дюфе постарался ее не упустить. Служба есть служба.

В 1732 году его назначили директором ботанического сада. Но Дюфе уже всерьез занимался электричеством. Результаты английского исследователя Грея поразили его. Он повторил ряд описанных экспериментов и сумел передать электричество по бечевке более чем на 300 м! Успехи всегда окрыляют человека.

Дюфе дюжинами придумывал опыты, один или с помощниками ставил их в своем кабинете. Пробовал электризовать разные вещества. И каждый раз аккуратно записывал результаты в рабочую тетрадь. Скоро у него скопилось таких записей столько, что он смог сделать первый вывод: «Тела, наименее склонные сами становиться электрическими, легче всего притягиваются и переносят наиболее далеко и в наибольшей степени электрическую материю, между тем как тела, наиболее склонные сами становиться электрическими, наименее приспособлены воспринимать электричество от других и передавать его на значительное расстояние». Простим ученому несколько тяжеловатый слог. Ведь он был первым, кто решился на обобщение, да и жил он все же три века назад. Тогда люди и думали и говорили не так кратко, как мы.

Вывод Дюфе, конечно, еще не закон. Но его появление означает, что в изучении электричества наступила пора переходить от разрозненных фактов к законам, которые приводят эти факты в систему.

Настал день, когда Дюфе сделал главное свое открытие. Он уже давно замечал, что обрывки бумаги и соломинки, наэлектризованные натертой стеклянной палочкой, отталкиваются ею, но притягиваются натертым янтарным шариком. То же самое происходило и в том случае, если наэлектризовать бумажки, скажем, копаловой смолой или испанским воском. Обрывки отталкивались от предме-



Шарль Франсуа
Дюфе
(1698–1739)

тов, сообщивших им электричество, но притягивались натертой стеклянной палочкой. Получалось, будто в природе существует не одно электричество, а два: «стеклянное» и «смоляное». И все тела делились на две группы: одни воспринимали «стеклянное» электричество, другие — «смоляное». Третьего сорта таинственной силы найти не удавалось...

В ту пору жил в Париже аббат Жан Антуан Нолле. Он был поистине вездесущ. Знакомый со всеми более или менее известными французскими естествоиспытателями, аббат состоял в переписке со многими зарубежными учеными и время от времени бывал при дворе. Везде он был желанным гостем, делился новостями, перемешивая научные сенсации с великосветскими сплетнями; порой сам показывал эффектные опыты. Ученым аббат Нолле не был. Но роль популяризатора науки снискала ему известность не только в свое время. Особенно важна была его переписка с учеными разных государств. Надо признать, что среди священнослужителей той поры, особенно среди иезуитов, было немало серьезных ученых.

Попробуем ранним весенним утром 1735 года последовать за проворным физиком в сутане, после того как он вышел из собственного дома в Париже. Крепкие ноги аббата привели его к ботаническому саду. Вот он взошел на крыльцо, поднял дверной молоток... Да ведь это дом, в котором живет директор этого славного научного заведения, небезызвестный нам Шарль Франсуа де Систерне Дюфе!

— Как это кстати, господин аббат, что вы заглянули ко мне! — говорит Дюфе, встречая гостя на пороге. — Я задумал воспроизвести опыты сэра Стефана Грея по электризации человека, и мне нужен помощник. Этот болван Жюльен, мой ассистент, сбежал от страха.

Нолле огляделся. У стола с бумагами стояла прислоненная к креслу стеклянная трубка — главный прибор для получения электричества. С потолочной балки спускались вниз петли из шелковых шнурков.

— Мой бог, зачем эти приспособления, дорогой Дюфе? Они настолько напоминают дыбу, что я чувствую себя гостем парижского прево.



Один из первых электроскопов с золотыми листочками, изобретенный Дюфе

Пока Дюфе залезал в петли и располагался в них так, чтобы ни рукавом, ни краем камзола не коснуться пола, аббат Нолле по его просьбе натирал трубку и рассказывал о последних научных новостях. В ходе беседы он время от времени дотрагивался стеклянной трубкой до подвешенного на петлях естествоиспытателя, сообщая ему электрическую силу. Но как узнать, когда электричества накопится достаточно?



Жан Антуан Нолле
(1700–1770)

— Ах, Дюфе, придумали бы вы, право, инструмент, с помощью которого можно было бы видеть степень электризации.

— Уже!

— Что уже?

— Уже придумал. Взгляните на эту кисточку из растрепавшихся нитей шелкового шнура. Чем больше вы сообщаете мне электричества, тем дальше нити расходятся друг от друга. Смотрите, как моя кисть ошетинилась. Это свидетельствует о том, что я полон, полон электричеством.

— Превосходная мысль. И такая простая... Но позвольте мне проверить то же самое старым способом.

Аббат поднес фарфоровую тарелку, наполненную обрывками бумаги. Естествоиспытатель протянул к ним палец, и обрывки зашевелились.

— Ну как, вы довольны? Убеждены? — Дюфе улыбнулся. Аббат согласно склонил голову. — Вот что, передайте мне, пожалуйста, вон ту стеклянную палочку, которая лежит на столе. Мы посмотрим, по всей ли ее длине электричество распространится равномерно.

Нолле протянул требуемое. Но когда Дюфе хотел взяться за палочку, из его руки вдруг выскочила большая голубая искра, раздался треск, и экспериментаторы почувствовали уколы. Это было настолько неожиданно, что оба вскрикнули, а потом засмеялись.

В том же году Дюфе опубликовал подробное сообщение об изучении им электрических искр и голубоватого свечения, которым бывали окружены электризуемые тела. «Возможно, — писал он, — что в конце концов удастся найти средство для получения электричества в больших масштабах и, следовательно, усилить мощь электрического огня, который во многих из этих опытов представляется (если можно сопоставлять нечто очень маленькое с чем-то очень большим) как бы одной природы с громом и молнией». Это было первое



Салонные опыты с электричеством

в истории науки опубликованное высказывание об электрической природе молнии.

Теперь все дело упиралось в «средства для получения электричества в больших масштабах». Это понимал не только Дюфе. К сожалению, он рано умер, всего сорока одного года от роду. Но поисками средств и способов получать большее количество электричества заняты были многие. Интересовался ими и аббат Нолле. Он сразу оценил новые возможности для эффектных демонстрационных опытов, которые могли бы давать электрические искры.

Начиная с середины XVIII века опыты с электричеством, получаемым от трения, стали любимым развлечением образованных людей. Изумительные и совершенно непонятные свойства электризуемого тела уже не только притягивать к себе пушинки и соломинки, но и светиться, рождать искры, сопровождаемые треском, который отдаленно напоминал грозовой гром, — все это приводило людей в подлинный восторг. Но как, как научиться добывать большее количество электричества?

В одном из писем из-за границы ученый-корреспондент писал аббату Нолле о том, что профессор физики в Виттенберге Георг Матиас Бозе усовершенствовал электрическую машину своего соотечественника профессора Гаузена, сделав ее весьма производительной. Имя, упомянутое в письме, было знакомо Нолле: Христиан

Август Гаузен, профессор в Лейпцигском университете, тоже проводил публичные опыты с электризацией трением. Пользовался он при этом, как и Дюфе, длинной стеклянной трубкой. Во время одного из сеансов кто-то предложил демонстратору заменить трубку стеклянным шаром. Если насадить шар на ось с рукояткой, машина получится не столь громоздкой и натирать стекло будет значительно удобнее. Гаузен послушался совета и действительно скоро стал обладателем невиданного до того электрического «снаряда».

Он необыкновенно гордился «своей» машиной, даже не подозревая, что она уже некогда была изобретена и Герике, и Гауксби, но потом просто забыта. Так бывало, бывает и ныне. Просто для изобретения еще не пришло время. Но с той поры пролетело немало лет. Теперь изобретением и усовершенствованием уже готовых электрических машин стали заниматься многие любители физики, и каждый спешил поделиться своими достижениями. Построил электрическую машину и аббат Нолле, демонстрируя ее действие в парижских салонах.

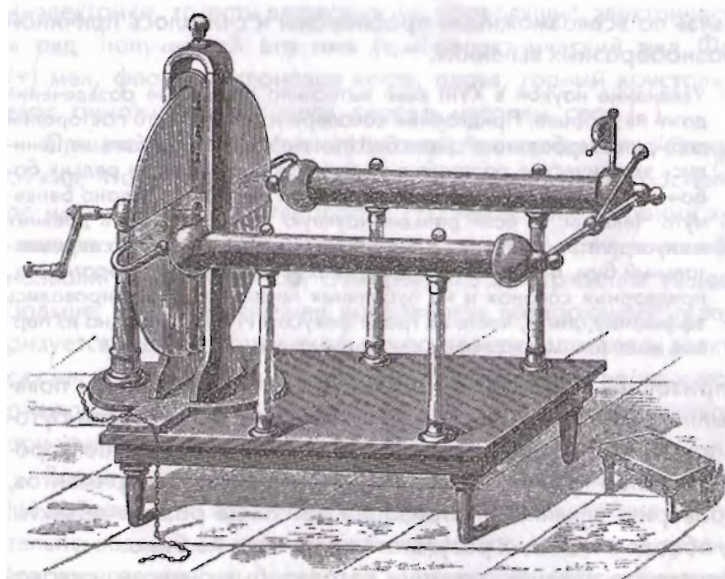
Профессор физики в Виттенберге Георг Боze заметил, что если отводить электричество от стеклянного шара свинцовой трубкой, то действие его усиливается. Сначала такую трубку — «собиратель электричества», или кондуктор, — держал в руках ассистент, который стоял на изолированной подставке. Потом «съемник электричества» стали подвешивать возле машины на шелковых шнурках. Наконец трубку-кондуктор укрепили на станке самой машины.

Искры получались крупнее, эффектнее, значит, и электричества такие машины давали больше, чем натираемые стеклянные трубки. Оригинальные опыты с электричеством захватывали все больше людей. Экспериментаторы даже бросали свои первоначальные занятия ради загадочной новинки. Большинство этих увлеченных людей, конечно, так и остались дилетантами на всю жизнь, но некоторые все же добивались каких-то успехов....

Например, уважаемый профессор греческого и латинского языков в Лейпцигском университете Иоганн Генрих Винклер, совершенствуясь в опытах, укрепил четыре стеклянных шара на одной оси для усиления действия своей электрической машины. Два ассистента натирали их ладонями.

Потом кто-то предложил заменить шары стеклянными цилиндрами, а руки людей — кожаными подушками, набитыми волосом. Это были дельные предложения.

Винклеру удавалось получать электрические искры порядочной длины. В один прекрасный день он пригласил на свой сеанс доволь-



Электрическая машина с кожаными подушками, укрепленными на штативе

но много почтенных людей. У всех на глазах экспериментатор сам улегся на шелковые петли. Ассистенты стали его электризовать. Публика затаила дыхание. Неожиданно из пальца профессора Винклера выскочила такая искра, что она зажгла спирт, заранее налитый в блюдце. Успех был потрясающим! Очень довольный латинист выбрался из петель и вполне заслуженно наслаждался рукоплесканиями. Забросив греческий и латынь, Иоганн Генрих Винклер принял предложение занять кафедру физики в том же университете. А его фокус с возгоранием спирта был не раз повторен и обошел многие города Европы. Англичанин Генри Майлс зажег по способу Винклера фосфор и горючие пары, а его соотечественник Уильям Уотсон заставил вспыхнуть порох.

Стремление познакомиться с новыми электрическими явлениями охватило буквально всех людей. Те, кому не удавалось побывать в физических лабораториях, удовлетворяли свое любопытство в ярмарочных балаганах, где за небольшую плату электризовали всех желающих. «Даже в среде ученых трезвость взгляда уступила место некоторого рода опьянению, — писал Ф. Розенбергер в «Истории физики», изданной в XIX веке, — и как сто лет тому назад все объяснялось воздушным давлением, так теперь электричество приводит

лось в связь со всевозможными проблемами и считалось причиной самых разнообразных явлений».

Увлечение наукой в XVIII веке вытеснило привычные развлечения даже из дворцов. Придворные кавалеры и дамы вместо пасторалей собирали гербарии, и среди богатых людей гораздо больше ценились экзотические растения в оранжереях и коллекции редких бабочек, чем столовое серебро, даже если оно было создано Бенvenuto Челлини. И если раньше научную истину искали в древних манускриптах, то теперь в Европе возник настоящий экспериментальный бум. В любительских кружках, в домашних лабораториях, придворных салонах и на публичных лекциях демонстрировались эффектные опыты, часто на грани фокусов. И конечно, одно из первых мест занимали опыты с электричеством.

Электризацией пробовали ускорять прорастание семян и появление цыплят из насиженных яиц. В Голландии электризовали бутоны тюльпанов, чтобы те быстрее распускались. Лондонское королевское общество провело целый ряд специальных экспериментов, чтобы проверить влияние электризации на самые разные объекты. Правда, обнадеживающих результатов получено не было.

Иначе говоря, явления, причины которых были неясны, отдавались во власть новой силе. Такое внимание благотворно действовало и на развитие науки. За какие-нибудь тридцать последних лет XVIII столетия люди узнали об электричестве больше, чем за всю прошлую историю. Появились первые теории электричества, и новая область знания «созрела для математики».

Вот только таинственной электрической субстанции с помощью трения первые машины давали мало! В умах исследователей неизбежно должна была возникнуть мысль: а нельзя ли изыскать способы накопления электрических зарядов? И этот вопрос послужил ступенькой для следующего шага в познании электрической силы.

Тайна электризации

Прежде всего напомним, что слово «трибо» в переводе с греческого означает «растирание». Поэтому электрические заряды, которые возникают на поверхности разнородных тел при трении их друг о друга, называются трибоэлектричеством. Понять это явление физики смогли тогда, когда открыли уже значительную часть явлений, связанных с движением и взаимодействием электрических зарядов, и определили самый маленький электрический заряд, отрицательно заряженную элементарную частицу — электрон.

Ученые выяснили, что при трении электризуются оба вещества, их заряды оказываются одинаковыми по значению, но противоположными по знаку. Еще Фарадей для классификации расположил

диэлектрики, то есть вещества, не проводящие электрический ток, в ряд, получивший его имя (трибоэлектрический ряд Фарадея): (+) мех, фланель, слоновая кость, перья, горный хрусталь, флинт-глас, бумажная ткань, шелк, дерево, металлы, сера (-).

При этом русский физик Николай Александрович Гезехус обнаружил, что диэлектрики в трибоэлектрическом ряду располагаются по мере убывания их твердости: (+) алмаз, топаз, горный хрусталь, гладкое стекло, слюда, кальцит, сера и воск (-). Эту классификацию называли рядом Гезехуса. Отметим, что электризация вещества тем больше, чем значительнее поверхность натирающего тела. Электризуется пыль, которая скользит по поверхности тела, электризуется снег во время пурги и порошок, просеиваемый через сито. Электризуются жидкие диэлектрики. Особенно при разбрызгивании или при ударе струи о твердую или жидкую поверхность.

Все эти явления очень опасны на производстве и на транспорте. На заводах и на прядильных фабриках металлические части обязательно заземляют, применяют ионизацию воздуха и другие меры. На транспорте при перевозке и перекачке нефти, бензина может произойти нежелательное наложение статических зарядов. Особенно опасна трибоэлектризация в авиации. В полете на фюзеляже, на крыльях и на хвостовом оперении, а также во время заправки топливом в воздухе или на земле трение частиц вызывает появление электрического заряда. Причем разность потенциалов между самолетом и окружающей средой может достигнуть полутора мегавольт! Это вызывает на острых и выступающих частях конструкции коронный разряд, который создает помехи работе радиосистем и пожароопасную ситуацию в топливных баках. Например, если не заземлить прилетевший самолет сразу после полета на аэродроме, он может оказаться весьма опасным для любого, кто коснется его корпуса.

В чем же все-таки причина трибоэлектричества твердых тел? В основе этого явления лежит контактная разность потенциалов, то есть разность потенциалов между двумя различными металлами, металлом и полупроводником или между двумя полупроводниками, которая возникает при их соприкосновении. При этом часть электронов из поверхностного слоя тела с меньшей работой выхода переходит в тело с большей работой выхода. И в зоне контакта образуется двойной электрический слой.

Контактная разность потенциалов сегодня широко используется в полупроводниковых приборах, в термопарах и других устройствах.

Опасное родство

Двойное рождение

Соборный настоятель небольшого городка Каммин в Померании Эвальд Георг фон Клейст занимался электрическими опытами потихоньку. Он не публиковал своих результатов — зачем вводить во искушение прихожан — и довольствовался домашними восторгам. Одно огорчало отца-настоятеля: электрическая машина, счастливым обладателем которой он являлся, была до чрезвычайности слабой. Оттого и искры, которые случалось извлекать из ее кондуктора благочестивому экспериментатору, были едва видны при свете дня.

Однажды, в счастливые часы занятий любимыми опытами, Клейст решил зарядить свою микстуру, чтобы усилить ее действие (отца-настоятеля мучил кашель). Он вставил в бутылочку железный гвоздь и поднес его к кондуктору машины. Несколько оборотов стеклянного шара — и жидкость должна была зарядиться... Осталось вынуть гвоздь из бутылки. Держа склянку в одной руке, почтенный священнослужитель другой взялся за головку гвоздя и... получил весьма ощутимый электрический удар. Клейст даже не испугался. Он только удивился — откуда? Его слабая машина не способна была давать и десятой доли того электричества, силу которого он почувствовал. Впрочем, что толку в раздумьях? Если результат опыта непонятен, его нужно в точности воспроизвести еще, потом еще и еще... И каждый раз бутылка с жидкостью и гвоздем, накопив электричество от маленькой машины, исправно щелкала экспериментатора по пальцу электрическими ударами.

«Накопив электричество!» Вы чувствуете, это же совсем новое свойство неведомой силы. А что будет, если налить в склянку с гвоздем спирт или ртуть? Не получит ли она еще большую способность накапливать электричество? Через некоторое время, убедившись в том, что он действительно открыл новый способ накапливать электричество, фон Клейст описал результаты своих опытов в письме и послал его в Данциг протодиакону — своему начальнику. Протодиакон физикой не увлекался, но, будучи человеком обязательным, передал сообщение коллеги бургомистру Даниэлю Гралату, человеку вполне просвещенному. Совсем недавно тот организовал в своем городе общество естествоиспытателей, которое жаждало

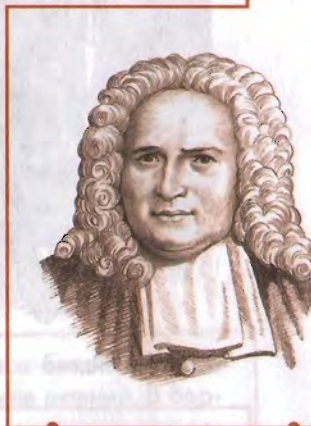
деятельности. И потому новинка фон Клейста была как нельзя более кстати. Бургомистр Гралат начал с того, что взял бутыль большого объема и с большим гвоздем. По-видимому, все бургомистры — по должности своей — любят, чтобы дело выглядело крупно и эффектно (вспомним Герике). Гралат обернул бутылку металлической фольгой, и электрические удары еще усилились. Ему пришлось в голову составить из таких бутылей батарею и тоже зарядить ее. А затем... Бедные, бедные члены данцигского общества естествоиспытателей... Бургомистр предложил двадцати человекам взяться за руки, образовать цепь, а затем крайним в цепи коснуться пальцами гвоздя и обкладки бутылки, то есть замкнуть цепь! Эффект был потрясающий. Окрестные жители давно не слышали такого вопля...

В истории науки и техники часто бывает, что изобретения малые и большие делаются одновременно разными людьми и совсем в разных местах. Чтобы продолжить историю чудесной «накопительной банки», давайте из славного города Данцига переедем в не менее славный город Лейден и познакомимся с почтенным профессором Мушенбруком.

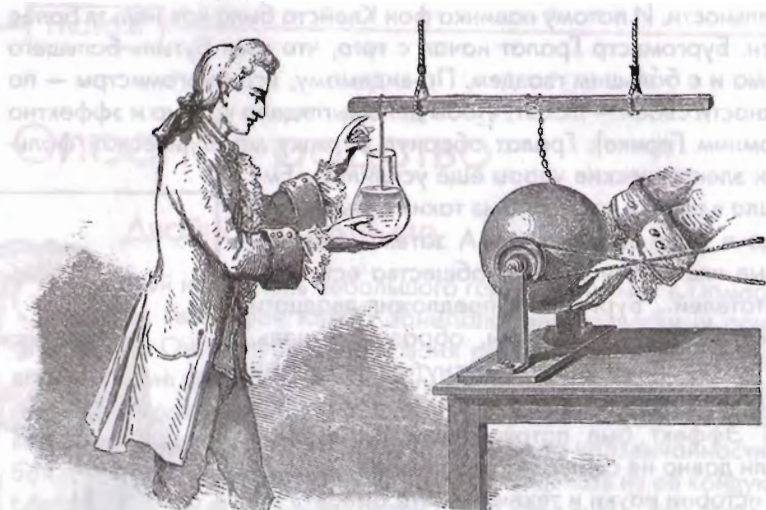
С 1719 по 1723 год выпускник Лейденского университета Питер ван Мушенбрук был профессором Дуйсбургского университета. Особых научных заслуг у молодого профессора не отмечалось, и он перешел в университет города Клейста, а в 1740 году вернулся в *alma mater*, где занял кафедру физики. В Лейденском университете была прекрасная лаборатория, старые традиции и слава. Лучи этой славы привлекали учеников, которые давали доход профессорам. Мушенбрук занялся эффектными электрическими опытами. Таинственная сила интересовала всех и была в большой моде.

Профессор умел красно и значительно говорить, надувать щеки и трясти париком, рассказывая о своих достижениях. Однако, по чести говоря, особых успехов у него не было. Но такое поведение и по сей день нередко вводит неискушенного человека в заблуждение. А уж двести-то с лишним лет назад находилось немало простаков, называвших герра профессора не иначе как великим Мушенбруком.

Однажды слепая фортуна подсунула Мушенбруку ученика по имени Кунеус. Это был богатый лейденский горожанин, желавший развлечься опытами не иначе как в лаборатории «великого учено-



Питер
ван Мушенбрук
(1692—1761)



Опыт в Лейдене

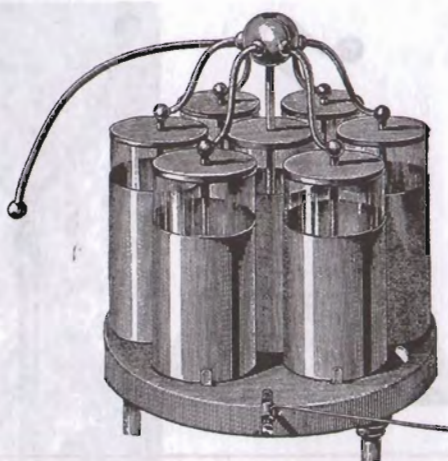
го». Там он, познакомившись с электрической машиной, попытался наполнить электричеством... банку с водой. Идея, по воззрениям того времени, не такая уж нелепая. Из многочисленных опытов было известно, что вода электризуется. Почему же не попробовать сохранить электричество в воде? И вот Кунеус взял банку, налил воду и опустил в нее металлический стержень, соединенный с кондуктором электрической машины. Слуге он приказал крутить ручку машины.

Через некоторое время, считая, что вода достаточно зарядилась, экспериментатор решил вынуть стержень. Но дотронувшись до него другой рукой, любитель науки испытал, как он сам говорил впоследствии, «ни с чем не сравнимое потрясение». Кунеус ничего не понял. Уронил банку, разлил «заряженную» воду и побежал жаловаться профессору.

Отдадим должное Мушенбруку. Он решил тут же проверить открытие своего ученика. Условия опыта в точности восстановили. Только теперь на место ученика встал учитель. Кунеус закрутил ручку машины...

Сильный электрический удар поверг Мушенбрука в такое изумление, что «испытать его еще раз я не согласился бы даже ради французской короны», — писал он позже в своих воспоминаниях.

Одним из первых узнал о лейденском эксперименте вездесущий аббат Нолле. Он тут же повторил и усовершенствовал усилитель-



Батарея лейденских банок

ную банку, составил батарею и стал получать все более и более сильные электрические искры, настоящие маленькие молнии. В Версале, в присутствии короля и придворных, аббат выстроил сто восемьдесят мушкетеров кольцом. Велел им взяться за руки. Первому дал в руку банку, зарядил ее от машины и предложил последнему в цепи вытащить из банки металлический стержень... «Было очень курьезно видеть разнообразие жестов и слышать мгновенный вскрик, исторгаемый неожиданностью у большей части получающих удар». Король веселился. Но еще больший интерес вспыхнул в его глазах, когда на столик перед ним, рядом с электрической машиной и батареей усилительных банок, Нолле поставил маленькую металлическую клетку с птичкой. Обернув длинной цепочкой прутья клетки, он намотал другой ее конец на банку. Вторую цепочку, соединенную с металлическим стержнем банки, аббат пропустил через стеклянную трубочку и повесил над жердочкой так, чтобы птичка не могла задевать за нее головой. После этого помощник стал крутить электрическую машину. Придворные затаили дыхание. Наступил момент, когда между цепочкой и метавшимся по клетке воробьем проскочила голубая искра. Раздался треск, и несчастная пичуга свалилась без признаков жизни. Это была первая жертва искусственной молнии.

— Bravo! — сказал Людовик XV и поднялся с места.

— Bravo! — повторили придворные. Толпясь, они поспешили за своим сюзереном прочь от ученого, продемонстрировавшего им, что электричество может не только развлекать.



Лейденская банка
и разрядник

Опыты с усилительной банкой, получившей благодаря стараниям того же Нолле название лейденской банки, были очень эффективны. Их повторяли в салонах и в ярмарочных балаганах. Голубыми искрами, извлеченными из пальца, из носа наэлектризованного человека, поджигали порох и спирт, убивали мышей и цыплят.

В один прекрасный день семьсот благочестивых парижских монахов, взявшись за руки, образовали цепь. И все они, как один, высоко подпрыгнули и возопили от страха, когда крайние разрядили на себя невзрачную банку, наполненную таинственной электрической жидкостью...

В Англии опыты с лейденскими банками демонстрировал в Королевском обществе врач Уильям Уотсон. В 1747 году он с помощью длинной проволоки соорудил цепь длиной не менее двух миль и «провел» электричество через Темзу. Исследуя роль жидкости, заполняющей банку, Уотсон вместо воды или спирта наполнил банку дробью, и результат не изменился. Тогда он вообще заменил содержимое банки еще одной, внутренней металлической обкладкой, соединенной с центральным стержнем. Теперь лейденская банка получила свою окончательную форму.

Правда, его коллега доктор Бевис обложил свинцовыми пластинами просто кусок стекла. Он обнаружил, что чем больше размеры пластин и меньше расстояние между ними, тем большее количество электричества на них накапливается.

Так в науку об электричестве пришел конденсатор — емкость, заполняемая «электрической материей». Правда, пока что принцип, или «механизм», его работы был непонятен, а величина емкости ничтожна. Но искра, получавшаяся при разряде, была способна, как молния, убить живое существо. Опасное родство, не правда ли?



Гроза

Лейденская банка Мушенбрука — это конденсатор, то есть емкость, накапливающая электричество. Каждый электрический конденсатор представляет собой систему из двух (или нескольких) проводников (обкладок), разделенных веществом, не проводящим электрический ток, — диэлектриком. При подключении к источнику постоянного напряжения на обкладках конденсатора накапливается электрический заряд, а в диэлектрике создается электрическое поле. Чтобы наглядно представить себе принцип действия электрического конденсатора, его можно сравнить с механической пружиной, запасующей энергию при сжатии.

Скажите, вы боитесь грозы?

Постарайтесь ответить на вопрос, заданный в заголовке, откровенно. Если не боитесь, то — нет, а коли страшно, то — да! Ничего постыдного в этом нет. Гроза — самое величественное, самое красивое и одно из самых... грозных явлений природы. Ведь правда? Я, например, знаю многих в принципе достаточно смелых людей, которые бегут от молнии, а еще пуще — от грома.



Корабль,
расколотый
молнией

Но попробуем нарисовать в нашем воображении картину этого явления. Причем нарисовать так, чтобы мы с вами были его участниками! Скажем, так: по пути из леса домой (будем считать, что это был поход за грибами) мы выходим на край поля. Дождь еще не начался, но тучи, низкие, набухшие влагой, обложили все небо.

В лесу было темно, как вечером, а вышли на открытое место — и здесь света не больше. Того и гляди, польет дождь. Что делать? До дома вроде бы недалеко, да мокнуть не хочется. Пока мы топчемся в нерешительности, раздумываем, то ли под елку спрятаться, то ли под стог забиться, вдалеке начинает гроыхать. Налетают первые порывы ветра, как залпы. Под их ударами поле, словно море в буре: волны идут по хлебу, образуют водовороты из колосьев, подымают смерчи. Решайте скорее. Может быть, лучше переждать? Летние грозы скоротечны...

И вдруг как сверкнет! Все вокруг словно само загорается голубым свечением. Уж молнии-то и нет, а в глазах все стоит и стоит ослепительная вспышка.

Не знаю, как вы, а я всегда после вспышки молнии начинаю считать: «И-раз, и-два, и-три...» Трах-тара-рах! — раздается на тридца-

той секунде счета раскат грома. Тридцать секунд отделили его от вспышки. Значит, эпицентр грозы еще километрах в десяти. Далеко это или близко, и когда гроза дойдет до нас? Звуковая волна распространяется в воздухе со скоростью примерно 333 м/с. Обычно грозы движутся со скоростью не больше 40 км/ч. Раз так, то у нас в запасе как минимум минут пятнадцать. Бежим!

Так и есть! Едва мы поднялись на порог, как небо раскололось над самой крышей, гром грянул одновременно с блеском молнии, и полил дождь. Косые струи полетели над землей, срывая листья с деревьев, ломая сучья. Блеск молнии и грохот разрядов слились! Но мы под крышей, и оттого в груди поднимается какой-то отчаянный мрачный восторг — вполне в духе дикой, мятущейся красоты природы.

А ведь сколько рассказов об ужасных случаях поражения молнией на земле и на море слышал каждый из нас...

В тайниках души у каждого гнездится атавистический страх. Страх, воспитанный поколениями беззащитных предков, когда не было теплых домов с громоотводами, не было знаний, что такое гроза, не было даже могучего бога, единовластного в решении покарать или помиловать. А был маленький, может быть, даже голый, одинокий человек и бесконечная мощь разгулявшейся, ликующей природы.

Трах-тара-рах! Трах! Трах! — грохочет гром. Страшно первобытному человеку. Змеи-молнии жалят землю. Черные тучи накрыли ее, как пологом. Где голубое небо? Где ласковое солнце? Куда спрятаться от пронизывающего ветра, от холодного дождя? Может быть, бежать? Бежать быстро, еще быстрее, еще, пока не выскочит сердце из груди и не упадет человек бездыханным. Или, подобно птице и зверю, забиться под дерево, лицом в корни и лежать тихо-тихо... Ждать, пока добрые силы природы победят злые и окружающий мир снова прояснится и даст место в себе человеку. А кому не даст — тот погибнет.

Замечательный исследователь и собиратель русского фольклора Александр Николаевич Афанасьев писал, что древние люди смотрели на окружающий мир совсем другими глазами, нежели мы. Они не отделяли своего существования от остальной природы, чувствовали себя с нею единым целым. В представлении наших предков облака и звери, небесные светила и озера ничем особенно не отличались от самого человека. Все вокруг жило своей жизнью. Враждебные силы боролись друг с другом, а значит, и с человеком. Добрые силы помогали. Все непонятное было враждебно человеку. И прежде всего такое страшное атмосферное явление, как гроза. Чтобы выжить в этой титанической борьбе стихий, человек просил помощи у тех же сил, заклинал небесный огонь, приносил ему жертвы.

Страх перед неведомым породил почитание стихий, их обожествление. И это обожествление, а на самом деле очеловечивание таинственных сил природы делало мир не таким страшным. Если гигантскими процессами управляют боги, а сами боги — как люди, то ничто человеческое им не чуждо. Богов можно упросить, умилистить, подкупить и... заручиться их помощью, поддержкой. Тут уж грозный мир, еще недавно наполненный мутным туманом страха, прояснялся и становился не столь ужасным.

Это один путь оградить себя от страха — создать всемогущего бога, заранее согласившись на смирение. Но есть и другой путь — познание. Конечно, гроза — зрелище могучее и эффектное, но это только атмосферное явление. Его надо изучать с должной осторожностью, но не пугаться и не видеть в нем ничего сверхъестественного.

Великий гражданин Америки

Жизнь Бенджамина Франклина связана с Филадельфией. Здесь и сегодня в центре города стоит старая ратуша. Когда-то она была весьма внушительным зданием, возвышавшимся над россыпью одно-двухэтажных домов и коттеджей. Сегодня старая постройка потонула среди поднявшихся стен из стекла, стали и бетона. И лишь бронзовый Уильям Пенн, основавший город в 1682 году, по-прежнему стоит на ратушной башне.

Рядом с Федеральным резервным банком и Фондовой биржей — Академия естественных наук, университет и Институт Франклина. Здесь, в одном из банкетных залов ратуши, в 1977 году был устроен необычный праздник в честь прославленного гражданина Филадельфии Бенджамина Франклина.

Вечером, когда темное небо усыпали звезды, проблескивающие даже сквозь туман электрического зари, в ратуше собралось множество народа. Четверо кондитеров внесли на вытянутых руках грандиозный юбилейный торт, уставленный свечами... Свечей было так много, что в одну человеческую жизнь не вместились бы такое количество лет. Тем временем торт поставили на стол, и человек с явно электротехническим образованием стал подключать его к электронной схеме с оптическим устройством, фотоэлементами, усилительными каскадами и реле. Все смотрели на часы. В назначенное время включился ток. Механическая часть системы пришла в движение. Она повернула оптическую трубу и нацелила ее на какую-то звезду. Прошла минута, другая, и двести с лишним свечей одновременно загорелись под общие аплодисменты и звон льда в бокалах...

Но, пожалуй, мне пора объяснить смысл проделанных манипуляций и всей церемонии в целом. Если отнять от 1977 года год рождения Бенджамина Франклина — 1706, получится цифра 271. На торте двести семьдесят одна свеча. Связь понятна? Но вот оптическое устройство, повернувшись, нацелилось на звезду, отстоящую от Солнечной системы на двести семьдесят один световой год. И когда луч света, родившийся одновременно с Франклином, добежал до земли, он попал в объектив, прошел через фотоэлемент и замкнул реле. С треском выскочившая из разрядников электрическая искра зажгла свечи...

Бенджамин Франклин родился в семье ремесленника, переселившегося на американские берега из Англии из-за преследований по религиозным убеждениям. В семье было семнадцать детей. Бенджамин — младший. И хотя к его отрочеству многие из братьев и сестер уже стали вполне самостоятельными людьми, мальчик не смог получить систематического образования. Он проучился в школе всего год, наловчившись за это время читать и считать, а потом поступил в типографию старшего брата, обязавшись по контракту проработать там бесплатно в течение восьми лет за обучение ремеслу книгопечатания. Одним из немногих удовольствий, выпадавших на долю мальчугана, было в ту пору чтение книжек да лихие запуски воздушных змеев над холмами небольшого полуострова в глубине Массачусетской бухты, где расположился город Бостон.

Отработав положенный срок, семнадцатилетним парнем Бен переехал в Филадельфию. И здесь дело у него пошло. Скоро он начал выпускать свою газету, занялся политикой и бизнесом. Природная любознательность сделала его начитанным и образованным человеком. А ясный практический ум позволил к тому же разбогатеть.

В двадцать пять лет Франклин открыл первую в США публичную библиотеку. В тридцать четыре года основал Пенсильванский университет, а еще три года спустя — Американское философское общество.

Франклину шел сорок первый год, и вряд ли он особенно задумывался над проблемами электричества. Как вдруг в город приехал некий доктор Спенсер, обещавший, как было указано в афишах, «прочсть лекцию об электричестве и показать слушателям потрясающие опыты». В те времена по городам североамериканских ко-



Бенджамин Франклин
(1706–1790)

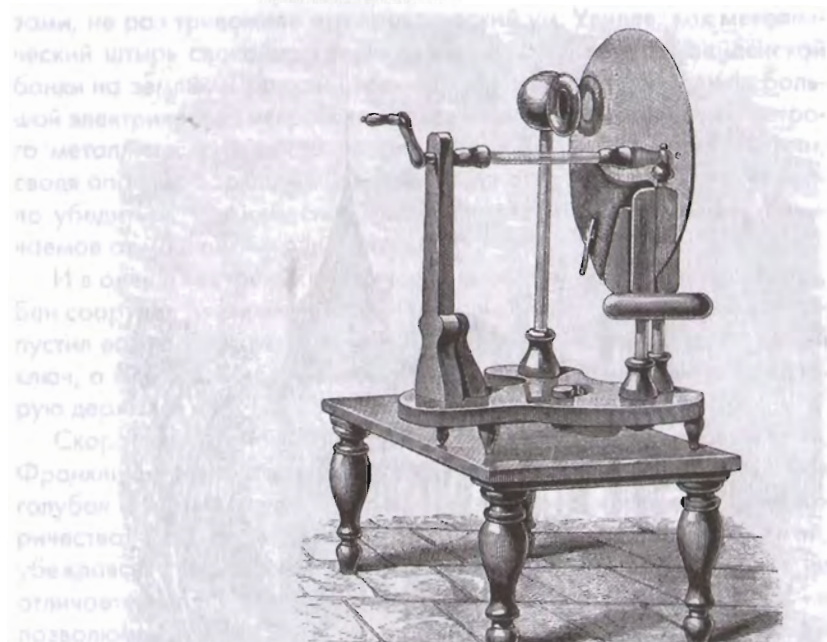
лоний Великобритании ездило немало всякого рода лекторов, знакомивших колонистов с новостями науки и магии, литературы и толкований Божественного Писания. Для жителей небольших провинциальных городов такие лекции служили немалым развлечением.

Бен Франклин был в этот вечер свободен. Он в компании приятелей гулял по городу и, возможно, собирался зайти в салун, когда у кого-то из друзей возникло предложение послушать заезжего лектора. На лекцию так на лекцию. Компания пребывала в отличном расположении духа, и все направления, как говорится, были для нее равновероятны.

Рослый и веселый, всегда полный юмора, Бен Франклин последним протиснулся в дверь. Возможно, втайне он рассчитывал подшутить и посмеяться над лектором. Но... был зачарован, а потом и окончательно покорен бледными электрическими искорками, которые доктор Спенсер извлекал из повидавшей виды машины и лейденской банки. А когда он — здоровяк и силач, подпрыгнув от неожиданности, едва не свалился на пол, испытал «электрический удар», судьба его была решена. Богач, общественный и политический деятель, он семь последующих лет своей жизни отдал электрическим исследованиям. Что такое семь лет для обыкновенного человека? Ничтожный срок! Но Франклин был от природы исключительно талантливым человеком. И он успел за это время сделать столько, на что другому не хватило бы и семидесяти лет.

По своему характеру Франклин был практиком. На науку он смотрел как на подспорье человеку в его деятельности. Он занимался исследованиями по теплотехнике и изобрел экономичную «франклиновскую печь», изучал распространение скорости звука в воде и придумал оригинальный музыкальный инструмент. Назначенный почтмейстером сначала Филадельфии, а потом и всех тринадцати североамериканских колоний Англии, он заинтересовался вопросом: почему почтовые суда из Америки в Европу ходят быстрее, чем в обратном направлении, и, собрав записки и замечания китобоев Коннектикута, составил первую в истории науки карту течения Гольфстрим. Но ни одно из этих увлечений не шло даже в сравнение с тем рвением, с каким он отдался электрическим опытам.

Для начала он купил, изрядно поторговавшись, весь «кабинет» — все оборудование доктора Спенсера и увез к себе. Затем научился обращаться с электрической машиной и лейденскими банками и обнаружил, что если на заряженном кондукторе машины укрепить заостренный металлический прут, то электричество с кондуктора стекает постепенно, без искровых разрядов. Это было интересно.

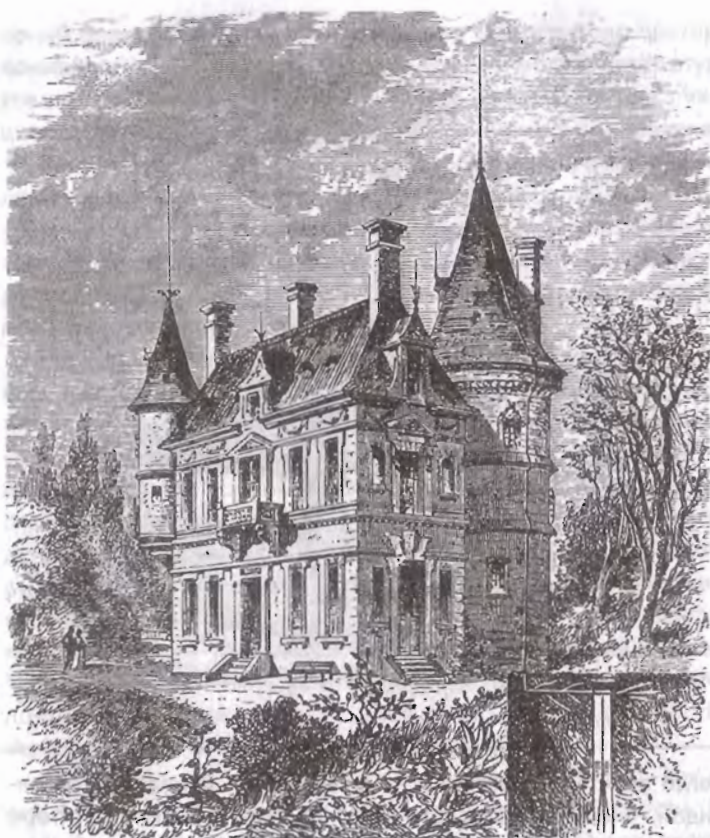


Электрическая машина
времен Франклина

Он всегда работал увлеченно. О результатах своих опытов писал в Лондон, члену Лондонского королевского общества Питеру Коллинсу, который тут же докладывал о них на заседаниях общества. Франклин установил, что в работе лейденской банки главная роль принадлежит вовсе не металлическим обкладкам, а диэлектрику — непроводящему веществу, разделяющему обкладки, и что заряды на обкладках банки равны друг другу и противоположны. Он писал, что, когда электричество передается внутренней обкладке банки, оно вытесняет из наружной обкладки на землю равное количество электричества, в результате чего банка оказывается заряженной.

Идеи Франклина были приняты весьма сочувственно европейскими учеными, не имевшими в то время никакой теории для объяснения заряда лейденской банки.

В письме от 1747 года Франклин предложил свою теорию электричества. Он считал, что существует некий электрический флюид — тончайшая жидкость, которая пронизывает все тело. Частицы электрического флюида отталкиваются друг от друга, но притягиваются



Громоотвод на башенке дома

частицами тел. При этом если в теле появляется избыток электрической жидкости, то оно оказывается наэлектризованным «положительно». Этим термином Франклин предлагал заменить «смоляное» электричество Дюфе. А если в теле существует недостаток электрического флюида, оно наэлектризовано «отрицательно». Отрицательным он предлагал называть «стеклянное» электричество Дюфе. Таким образом, единая электрическая жидкость как бы определяла два состояния тел — положительную и отрицательную электризацию. При этом предполагалось, что создавать электрическую жидкость ничто не может. Все дело только в ее перераспределении между телами.

Франклин всегда интересовался метеорологией. И мысль о том, как защитить дома колонистов от пожаров, вызванных частыми гро-

зами, не раз тревожила его практический ум. Увидев, как металлический штырь спокойно сводит электрический заряд с лейденской банки на землю, Франклин задумался: «Если считать молнию большой электрической искрой, то нельзя ли с помощью длинного остроуго металлического шеста разряжать тучи, как лейденские банки, сводя опасные заряды на землю?» Для этого прежде всего следовало убедиться, что небесное электричество и электричество, получаемое от машины, — одно и то же.

И в один из ветреных дней, когда низкие тучи предвещали грозу, Бен соорудил из шелкового платка большого воздушного змея и запустил его под облака. К концу бечевки он привязал металлический ключ, а к ключу, в целях безопасности, — шелковую ленту, за которую держался сам. По шелку электричество не передавалось.

Скоро веревка намокла. Где-то вдалеке громыхнул первый гром. Франклин осторожно поднес к ключу лейденскую банку, и длинная голубая искра клюнула центральный электрод. «Браво! Есть электричество! Я его отнял у неба!» Он заряжал одну банку за другой, убеждаясь, что небесное электричество, добытое змеем, ничуть не отличается от производимого трением. «Прекрасно! Больше я не позволю небесному огню сжигать дома и корабли, убивать людей и наносить ущерб обществу. Заостренные шесты сведут молнии на землю!» Франклин начал кампанию за повсеместную установку громоотводов.

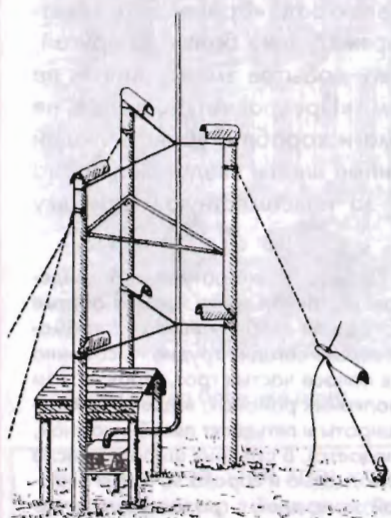
Громоотвод изобрел Франклин. Правда, в литературе есть сведения, что уже в Древнем Египте жрецы ставили возле храмов обитые медью высокие шесты, которые отводили якобы молнию от храмовых кровель. Так это или нет, проверить сегодня трудно. Особенно если учесть, что Египет не лежит в полосе частых гроз. Правда, там они все-таки случаются. А вот в полярных районах, выше восьмидесяти второй параллели северной широты и пятьдесят пятой — южной, гроз по статистике почти не наблюдается. В средних широтах число грозовых дней колеблется между двадцатью и сорока за год, а в тропиках, особенно в экваториальной зоне, дней с грозами бывает до ста пятидесяти за год! Впрочем, климат — штука сложная. Говорят, на острове Ява, что в Малайском архипелаге, общее число гроз за год достигает чуть ли не полутора тысяч. Здесь в течение суток они бушуют по нескольку раз, и день без грозы — большой праздник. Но даже если наши предки и умели устраивать грозозащиту, то нужно сказать, что ко времени Франклина успехи в этой области были прочно забыты.

Свою теорию громоотвода Франклин изложил в письме в Королевское общество от 17 сентября 1753 года. Он предлагал ставить возле домов заостренные железные прутья, поскольку острие станет «высасывать» электричество из облаков мало-помалу и не допустит образования молнии. Да и сама молния, если дать ей путь

«надлежащей проводимости», спокойно уйдет в землю, не сжигая и не разрушая строений.

В Филадельфии к концу XVIII века громоотводы были поставлены на все крупные здания. Лишь на доме, принадлежащем французскому посольству, дипломаты никак не соглашались водрузить спасительный шест. И что же — словно в назидание, в 1782 году в него ударила молния, произведя значительные разрушения.

В конце концов даже те, кто не соглашался с выводами Франклина, вынуждены были признать полезность громоотводов. Люди кинулись в другую крайность. Металлические штыри и заостренные прутья устанавливались на каретах, дамы в Париже носили шляпки с громоотводами. Но лишь после того, как молния ударила в шпиль Петропавловского собора и зажгла его, началась эра строительства громоотводов для России.



Конструкция громоотвода Франклина

В Европе Лондонское королевское общество напечатало «электрические» письма Франклина отдельной книжкой, и она хорошо разошлась. Однако слишком много людей в Старом Свете занимались исследованиями атмосферного электричества, чтобы сразу принять на веру заключения «янки из-за океана».

Даже в Лондоне нашлись члены общества, утверждавшие опасность привлечения молний к крышам зданий путем установки на них заостренных шестов — громоотводов и посему предлагавшие надевать на острия шары... Только шары могли сделать молнию безвредной!

На континенте, бывало, крестьяне приписывали громоотводу засуху, поражающую их

поля. Немало было и других вздорных мнений. Правда, время от времени сама природа подталкивала людей на скорейшее решение «острых» вопросов.

Французский ученый Доминик Араго в своей книге «Гром и молния» пишет: «Утром 18 августа 1769 года гром ударил в башню Святого Назария в городе Брешиа. Под основанием этой башни находился подземный погреб, в котором хранился порох, принадле-

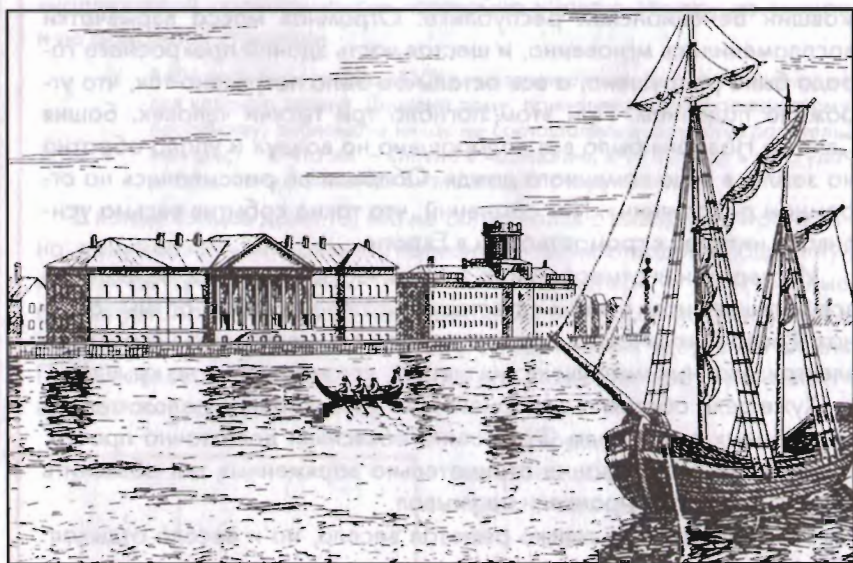
жавший Венецианской республике. Огромная масса взрывчатки воспламенилась мгновенно, и шестая часть зданий прекрасного города была разрушена, а все остальное было потрясено так, что угрожало падением. При этом погибло три тысячи человек. Башня Святого Назария была вся подброшена на воздух и упала обратно на землю в виде каменного дождя. Обломки ее рассыпались на огромном расстоянии». Нет сомнений, что такие события весьма усиливали интерес к громоотводам в Европе.

Исследования атмосферного электричества ширились, захватывая все большее число ученых-естествоиспытателей в самых разных странах. Росло и количество опасных опытов по извлечению искр из наэлектризованных металлических шестов, установленных на крышах.

Хуже дело обстоит с теорией. Если отталкивание положительно заряженных тел выводы Франклина объясняли достаточно просто, то такое же отталкивание отрицательно заряженных тел объяснить не удавалось. Но Франклин не унывал.

Бен Франклин не только работал весело, но и весело отдыхал. «Ввиду того что наступает жаркая погода, когда электрические опыты доставляют мало удовольствия, мы думаем покончить с ними на этот сезон, завершив все довольно веселым пикником, — писал он в Англию, где у него было немало друзей. — На берегах реки Скулкилл искра, переданная с одного берега на другой без какого-либо проводника, кроме воды, зажжет одновременно на обоих берегах реки спиртовки... Индейка к нашему ужину будет умерщвлена электрическим ударом и зажарена на электрическом вертеле огнем, зажженным наэлектризованной банкой; мы выпьем за здоровье всех известных физиков... из наэлектризованных бокалов под салют орудий, стреляющих от электрической батареи...» Не этот ли стиль пытались возродить и почитатели ученого на празднике, описанном в начале рассказа?

Только семь лет занимался Франклин своими опытами. За это время он не оставлял и общественной деятельности. По его инициативе в Филадельфии возникла «Академия» — учебное заведение, состоящее из средней и высшей школы, был открыт первый в Америке общественный госпиталь. Его выбрали мировым судьей. А в период начавшейся войны между английскими и французскими колониальными войсками Франклин занимался организацией милиции своего штата. На конгрессе представителей колонии в Олбани Франклин предложил английской администрации план объединения федерации колоний в единое самоуправляющееся государство, но этот проект, естественно, не прошел. Оказавшись в оппозиции проанглийски настроенному губернатору, Франклин вынужден был



Здание Императорской академии наук в Санкт-Петербурге

ехать в Лондон, чтобы добиться от правительства метрополии хоть какого-то ограничения прав назначаемых оттуда чиновников. На этом его ученые занятия прервались. Он провел в Англии довольно долгое время. Потом возвратился туда еще раз. Писал политические памфлеты. Поехал с дипломатической миссией во Францию...

Последние годы жизни Франклин спокойно провел в кругу своей семьи. Много читал, интересовался наукой и поддерживал начинавшее развиваться аболиционистское движение за освобождение негров. Он был принципиальным противником рабства. И сегодня, подводя итоги этой славной жизни, согласимся, что на его памятнике вполне уместны слова: «Eripuit coelo fulmen, sceptrumque tyrannis» — «Он отнял молнию у небес и власть у тиранов».

Господа профессора Императорской Санкт-Петербургской академии наук

Все-таки это было очень удивительно: потерять кожей или суконкой обыкновенное, ничем не примечательное холодное стекло — и извлечь из него искру, напоминающую миниатюрную молнию! В середине XVIII века трудно было даже представить себе что-нибудь более впечатляющее. Немудрено, что столько людей самого разно-

го чина и звания занимались электрическими опытами. Цель у всех была одна — получать от машин как можно более мощные искры. Однако, как ни старались изобретатели совершенствовать свои машины, получались они довольно слабосильными. Да и непонятно было, когда вообще следовало считать тело наэлектризованным. Никто не знал, как измерять количество электрической материи.

По доскам тротуара набережной Васильевского острова в Санкт-Петербурге идут двое. Держат путь от здания Академии наук к Первой линии.

Развешаются на ветру полы голубых академических кафтанов с черными отворотами. В желтых пуговицах играют лучи низкого солнца. Один из идущих высок, телосложения крепкого и шагает широко, размашисто. Второй — более субтилен и идет аккуратнее. Он инстинктивно следит за тем, чтобы пыль от башмаков не садилась на белый жилет и панталоны... Это — господа профессора академии. Первый — Михаил Васильевич Ломоносов, второй — друг его любезный, профессор Георг Вильгельм Рихман, из немцев. Оба с утра присутствовали на заседании академического собрания, а теперь спешают домой...

В 1744 году академическое собрание Петербургской академии наук обсудило обращение Леонарда Эйлера, призывающее заняться исследованием причин электрических явлений, и приняло решение: «Произвести также и здесь исследования над явлениями электричества и тщательно изучить все сочинения, написанные по этому вопросу, а те, коих нет здесь, как можно скорее добыть...»

Выполнение этого задания и принял на себя профессор Рихман. И первый вывод, который он сделал после предварительных опытов в «электрической каморе» — лаборатории при академии, — заключался в необходимости научиться измерять «силу электрическую». Ибо лишь зная оную, перейти сможет электричество из области «кунштюков» в область науки.

В опытах друга и в обсуждении результатов горячо участвовал и Ломоносов. Рихман составил программу работ. Ломоносов перевел ее на русский язык. Рихман построил первую в России электрическую машину. Ломоносов помог ему наметить круг вопросов, на которые надлежит дать ответы.

В 1745 году Рихман сконструировал «электрический указатель» из длинной, примерно полуметровой, линейки и угловой шкалы.



Михаил Васильевич
Ломоносов
(1711—1765)

Вдоль линейки висела льняная нить. Ломоносов писал, что это была точно «отвешенная нить» и по углу отклонения ее от вертикали можно было измерять электрическую силу. «Подобный указатель является надежным прибором для распознавания, больше или меньше градус электричества в той или иной электрической массе» — так характеризовал свой прибор сам изобретатель. Правда, прибор годился только для относительных измерений. Рихман писал, что сила воздействия между нитью и линейкой с увеличением расстояния убывала «по некоторому пока еще не известному закону». Он же делал вывод: «Я еще до тех пор не буду утверждать, что этим указателем можно точно измерять электричество, пока не будет развита теория электрического вихря».



Георг Рихман
(1711–1753)

С этого времени различные приборы для оценки электрической силы стали появляться и в других странах. Аббат Нолле вместо одной нити стал применять в своем электроскопе две. А англичанин Джон Кантон добавил к ним еще и бузинные шарики. Лет через двадцать, для уменьшения внешних помех, физики стали заключать подобные измерительные приборы

в банки и коробки, под стекло. Получились электроскопы и электрометры.

Теперь исследователи по отклоняющимся нитям или листочкам могли судить, в каком теле накопилось больше электричества, а в каком меньше. Научились делить накопленное электричество на порции. Процесс деления происходил так: изолированным ненаэлектризованным металлическим шариком исследователь касался другого, такого же по размерам, так же изолированного, но наэлектризованного. Электрический заряд делился пополам, и электроскоп показывал, что на обоих шариках собралось одинаковое количество электричества.

В дальнейшем количество электричества, содержащееся в теле, стали называть электрическим зарядом. Два электрических заряда, или два количества электричества, считались одинаковыми, если при прочих равных условиях они оказывали на одно и то же тело одинаковое воздействие, например, раздвигали листочки электроскопа на одинаковый угол...

Весть об опытах Франклина с воздушным (или атмосферным) электричеством разнеслась по всем странам. В России об этом уз-

нали впервые из статьи, переведенной из Кельнской газеты и помещенной в «Санкт-Петербургских ведомостях» в 1752 году. Вот что там было написано:

«Никто бы не чаял, чтоб из Америки надлежало ожидать новых наставлений о электрической силе, а однако, учинены там наиважнейшие изобретения. В Филадельфии, в Северной Америке, господин Вениамин Франклин столь далеко отважился, что хочет вытягивать из атмосферы тот страшный огонь, который часто целые земли погубляет. А именно делал он опыты для изведения, не одинакова ли материя молнии и электрической силы, и действие догадку его так подтвердило, что от громовых ударов следующим образом охранять себя можно: на вершинах строений или кораблей надлежит утвердить железные остроконечные прутья, перпендикулярно поставленные, вышиною от 10 до 12 футов и для охранения от ржи (то есть ржавчины — А. Т.) позолоченные; а от нижнего конца прутьев спустить проволоку к подошве строения наземь или от мачтового каната на кораблях.

Как чинили сей опыт в марлийском саду железным прутот, вышиною в 40 футов поставленным и на электризованном теле утвержденным, во время грома, который шел через то место, где был прут, то бывшие при том персоны вытянули такие искры и движения, которые подобны тем, кои производятся обыкновенною электрическою силою. В Париже 18 мая из утвержденного на 99 футов вышиною и в виноградном саду поставленного прута вытягивали многие искры через полчаса и более в то самое время, как густая туча стояла над тем местом. Сии искры совершенно походили на исходящий из фузеи огонь и причиняли такой же стук и такую же опасность. Другими опытами то же подтверждено, и явилось, что помощью остроконечных прутьев у громовых туч огонь отнять можно».

Спустя некоторое время в той же столичной газете была напечатана еще одна статья. В ней говорилось:

«Понеже в разных ведомостях объявлено важнейшее изобретение, а именно: что электрическая материя одинакова с материей грома, то здешний профессор физики экспериментальной г. Рихман удостоверил себя о том и некоторых зрителей следующим образом. Из середины дна бутылочного выбил он черепок-иверень



Электроскоп
Кавалло XVIII века

и сквозь бутылку продел железный прут длиной от 5 до 6 футов, толщиной в один палец, тупым концом, и заткнул горло ее коркой. После велел он из верхушки кровли вынуть черепиц и пропустил туда прут, так что он от 4 до 5 футов высунулся, а дно бутылки лежало на кирпичах. К концу прута, который под кровлею из-под дна бутылочного высунулся, укрепил он железную проволоку и вел ее до среднего апартаamenta все с такою осторожностью, чтобы проволока не коснулась никакого тела, производящего электрическую силу. Наконец, к крайнему концу проволоки приложил он железную линейку, так что она перпендикулярно вниз висела, а к верхнему концу линейки привязал шелковую нить, которая с линейкой параллельна, а с широчайшею стороною линейки в одной плоскости висела.

Описание сих приготовлений к опыту читал он при исследовании объявленного отдаления грома от строения в начале сего июля месяца в академическом собрании членам, и начал уже с начала оно-го месяца по вся дни следовать, отскочит ли нить от линейки и произведет ли потому какую электрическую силу, токмо не приметил ни малейшей перемены в нити. Чего ради с великою нетерпеливостию ожидал грома, который 18 июля в полдень и случился.

Гром, по-видимому, был не близко от строения, однако ж он после первого удара тотчас приметил, что шелковая нить от линейки отскочила, и материя с шумом из конца линейки в светлые искры рассыпалась и при каждом осязании причиняла ту же чувствительность, какую обыкновенно производят электрические искры. У некоторых, державших линейку, шло потрясение по всей руке. Шум исходящей материи был сначала столь велик, что некто, бывший при том на несколько шагов от линейки, шум мог слышать. Во время дождя примечены на линейке электрические искры, также и после грома.

Все сие продолжалось больше полутора часа, и электрические действия были то больше, то меньше.

В третьем часу пополудни окончилась электрическая сила, и более не слышно было, чтобы гремело. Посему не надобно к тому опыту ни электрической машины, ни электризованного тела, но гром совершенно служит вместо электрической машины...

...Итак, совершенно доказано, что электрическая материя одинакова с громовою материею, и те раскаиваться станут, которые преждевременно маловероятными основаниями доказывать хотят, что обе материи различны».

В июле 1752 года в «Санкт-Петербургских ведомостях» появилось еще одно сообщение об опытах Рихмана: опыты с электричеством чрезвычайно интересовали тогдашнее русское общество.

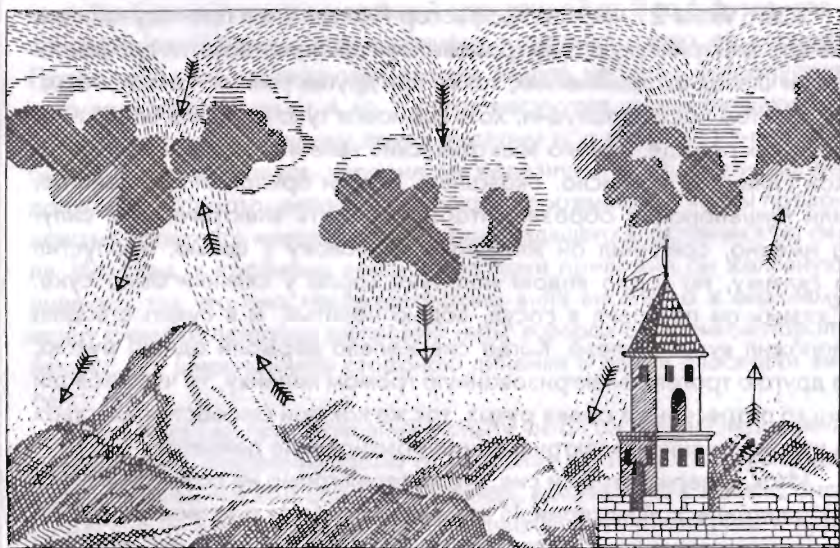
«Сего июля 21 числа г. профессор Рихман имел паки случай примечать электрическую силу громовых туч при некоторых г.г. профессорах и членах академических, также при других ученых и академиках.

В пятом часу пополудни, хотя громовая туча столь же близко нашла, как прежде, однако электрические явления на линейке не в такой силе, как 18 числа, оказались. К цепи приложил он клейстов, или мушенброков образец, чтобы умножить электрическую силу, а именно, соединил он железную проволоку с цепью, пропустил в склянку, по горло водою налитую. Горло у склянки было сухо. Склянку он поставил в сосуд, водою налитый, а в судно с водою положил кусок железа. Когда сие железо держали одною рукою, а другою трогали электризованную громом линейку, то чувствовали часто потрясение в обеих руках, так же как при сих обстоятельствах в художественном электризовании обыкновенно делается.

Итак, утверждает он и сие, что материя грома не разнится и в сем от электрической материи. И понеже все тела от распространенной электрической силы электризованы быть могут, то должны все-таки тела, например все металлы, люди, вода, лед, дерево и проч., с проволокою соединенные и надлежащим образом укрепленные, материею грома быть электризованы, и понеже из проволоки исходят подлинные электрические искры, то от сих искр должен спирт винный, самый крепкий, нефть, спирт Фробениев и прочее загореться; и понеже г. профессор Рихман художественным электрическим действием делает блестящими имена и фигуры, то и натуральным или электрическим действием грома могут блестящими учинены быть литеры и фигуры. Итак, гром, сколь он ни страшен, может быть удовольствием и потехою».

Здесь «Ведомости» предлагают использовать электричество для столь любимой в России иллюминации и «огненной потехи» — фейерверков. В те годы никто из естествоиспытателей толком не представлял себе всей опасности производимых экспериментов, хотя опыты по умерщвлению животных проделывались в разных странах. Не существовало и никаких рекомендаций по технике безопасности. Все это привело к тем трагическим последствиям, которыми завершились опыты Георга Рихмана в России.

26 июля 1753 года над Санкт-Петербургом собралась гроза. Рихман и Ломоносов приготовились «чинить электрические воздушные наблюдения с немалою опасностью для жизни». Дом Ломоносова стоял на Второй линии Васильевского острова. Рихман жил неподалеку, на пересечении Пятой линии и Большого проспекта. И вот загрохотали первые раскаты.



Образование воздушных потоков и грозовых облаков.
Из книги М. В. Ломоносова

«Что я ныне к вашему превосходительству пишу, за чудо почти-тайте, для того, что мертвые не пишут, — так начинает Михаила Ломоносов описание этого эксперимента в письме к своему покровителю Ивану Шувалову, — я не знаю еще или по последней мере сомневаюсь, жив ли я или мертв. Я вижу, что господина профессора Рихмана громом убило в тех же точно обстоятельствах, в которых я был в то же самое время. Сего июля 26 числа в первом часу пополудни поднялась громовая туча от норда. Гром был нарочито силен, дождя ни капли. Выставленную громовую машину посмотрев, не видел я ни малого признаку электрической силы. Однако, пока кушанье на стол ставили, дождался я нарочитых электрических из проволоки искр, и к тому пришла моя жена и другие; и как я, так и они беспрестанно до проволоки и до привешенного прута дотыкались, за тем что я хотел иметь свидетелей разных цветов огня, против которых покойный профессор Рихман со мною споривал. Внезапно гром чрезвычайно грянул в то самое время, как я руку держал у железа и искры трещали. Все от меня прочь бежали. И жена просила, чтобы я прочь шел. Любопытство удержало меня еще две или три минуты, пока мне сказали, что шти простынут, а потом и электрическая сила почти перестала. Только я за столом посидел несколько минут, внезапно дверь отворил человек покойного Рихмана, весь

в слезах и в страхе запыхавшись. Я думал, что его кто-нибудь на дороге бил, когда он ко мне был послан; он чуть выговорил: профессора громом зашибло».

В официальном описании случившегося говорилось о том, что в этот день, то есть 26 июля 1753 года, заметив, что собирается гроза, Рихман хотел показать граверу Соколову сущность своих электрических опытов. Соколов должен был изобразить их на виньете к речи Рихмана, которую тому предстояло произнести на торжественном собрании академии...

В сенях дома Рихмана у окошка «стоял шкаф, вышиною в 4 фута, на котором учреждена была машина для примечания электрической силы, называемая указатель электрической, с железным прутком толщиной в палец, а длиною в 1 фут, которого нижний конец опущен был в наполненный отчасти медными опилками хрустальный стакан. К сему пруту с кровли одного дома проведена была сквозь сени под потолком тонкая железная проволока. Когда г. профессор, посмотревши на указателя электрического, рассудил, что гром еще далеко отстоит, то уверил он грядоровального мастера Соколова, что теперь нет еще никакой опасности, однако когда подойдет очень близко, то-де может быть опасность.

Вскоре после того как г. профессор, отстоя на фут от железного прута, смотрел на указатель электрической силы, увидел помянутый Соколов, что из прута без всякого прикосновения вышел бледно-синеватый огненный клуб, с кулак величиною, шел прямо ко лбу г. профессора, который в то самое время, не издав ни малого голоса, упал назад, на стоящий позади его у стены сундук. В самый же тот момент последовал такой удар, будто бы из малой пушки выпалено было, отчего и оный грядоровальный мастер упал на землю и почувствовал на спине у себя некоторые удары, о которых после усмотрено, что оные произошли от изорванной проволоки, которая у него на кафтане с плеч до фалд оставила знатные горелые полосы.

Как оной грядоровальной мастер опять встал и за оглушением оперся на шкаф, то не мог он от дыму видеть лицо г. профессора и думал, что он только упал, как и он; а понеже, видя дым, подумал он, что молния не зажгла ли дому, то выбежал еще в беспамятстве на улицу и объявил о том стоящему недалеко оттуда пикету.

Как жена г. профессора, услышавши такой сильный удар, туда прибежала, то увидела она, что сени дымом, как от пороху, наполнены. Соколова тут уже не было, и как она оборотилась, то приметилла, что г. профессор без всякого дыхания лежит навзничь на сундуке у стены. Тотчас стали его тереть, чтоб отведать, не оживет ли, а между тем послали по г. профессора Краценштейна и по лекаря, кото-



Гибель
профессора
Рихмана от удара
шаровой молнии

рые через десять минут после удара туда пришли и из руки кровь ему пустили; однако крови вышло только одна капелька, хотя жила, как то уже усмотрено, и действительно отворена была. Биения же жил и на самой груди приметить невозможно было. Г. Краценштейн несколько раз, как то обыкновенно делают с задушившимися людьми, зажал г. Рихману ноздри, дул ему в грудь, но все напрасно».

Смерть Рихмана потрясла ученый мир. Церковь же потребовала немедленного запрещения «богопротивных опытов», уверяя, что Рихмана постигла «Божья кара». Интересно, что Ломоносов заранее предполагал возможность такого вывода. И в письме к Шувалову сделал такую приписку: «...чтобы сей случай не был протолкован противу приращения наук, всепокорнейше прошу миловать науки...»

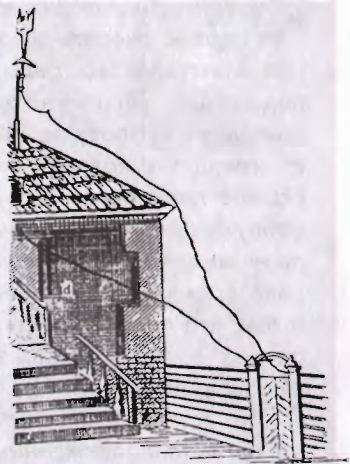
С речами и статьями, доказывавшими, что смерть Рихмана не есть «Божеское наказание», выступали многие ученые в разных странах.

Тем не менее канцелярия Петербургской академии наук запретила даже упоминать слово «электричество» на предстоящем торжественном собрании. Все эти меры вызвали временное ослабление интереса к электрическим явлениям. Ломоносов отдал немало сил для продолжения начатых в России работ. Он пытался найти способы безопасного наблюдения и измерений «электрической громовой силы», написал сочинение «Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих». По его настоянию академия объявила международный конкурс на лучшую теорию электричества.

К 1756 году, когда окончился срок конкурса, предлагавшего «сыскать подлинную электрической силы причину и составить точную ее теорию», в академию поступило довольно много работ. Лучшей среди всех были признаны мемуары, присланные из Берлина и подписанные именем Иоганна Эйлера, сына великого математика. Сам Леонард Эйлер права участвовать в конкурсе не имел, поскольку являлся членом Собрания Петербургской академии. Однако после того как результаты конкурса были объявлены, Эйлер признался в обмане. Мемуары принадлежали ему. Свои рассуждения Эйлер строил на предположении, что сверхтонкая материя, создающая электрические силы, есть не что иное, как светоносный эфир. И все известные исследователям электрические явления относил за счет «нарушений равновесия в эфире», сгущения его или разрежения вблизи электризуемых тел. Таким образом, он обходился без введения «специальной электрической материи» Франклина.

К тому же 1756 году относится незаконченная и неопубликованная диссертация Ломоносова «Теория электричества, разработанная математическим способом». Ломоносов, как и Эйлер, исходил из эфира, но электризацию тел предполагал результатом вращательного движения частиц эфира внутри самих тел и в окружающем их пространстве.

Обе теории были принципиально новыми, потому что сводили причину электрических явлений не к свойствам мифической электрической жидкости, а к специфическим формам движения эфира,



«Электрическая стрела»
на крыше дома
Ломоносова

признанного реально существующим наукой того периода. Правда, отрицая движения электрической жидкости, теории Эйлера и Ломоносова носили чисто электростатический характер и приводили к неправильному представлению о грозозащите и об устройстве громоотводов.

Ломоносов писал о двух способах защиты от грозы. Первый заключался в сооружении на пустырях и на крышах зданий тщательно изолированных от земли «электрических стрел» — «дабы ударяющая молния больше на них, нежели на головах человеческих и на храминах, силы свои изнуряла».

Второй способ грозозащиты русский академик видел в «потрясении воздухом». Это была дань старым воззрениям, гласившим, что отогнать грозу можно колокольным звоном.

«Белые пятна» на карте науки

Казалось бы, люди, занявшиеся изучением электрических сил, в первую очередь должны были обратить внимание на атмосферное электричество. Ведь оно, как никакое другое, ближе всего — под руками. Однако на деле вышло совсем не так. Долгое время никому даже в голову не приходило, что молния и крошечная искорка, прыгающая с натертого куска янтаря, — явления одной природы, разные лишь по своему масштабу. Немалую роль в этом сыграло заблуждение древних философов, убежденных в том, что мир Земли не имеет ничего общего с миром Неба. Лишь в XVIII веке наступило время объединить наблюдаемые явления и уверенно заявить о том, что небесное и земное электричество — явления одной природы. И только в XX столетии люди наконец уяснили себе механизм образования грозы.

Что такое молния? Электрическая искра, возникающая между разноименно заряженными облаками или между облаком и землей. Гром — треск этой искры. В канале молнии воздух очень быстро нагревается, а нагревшись, расширяется, как при взрыве. Возникают звуковые колебания, воспринимаемые нами как гром.

Возникает вопрос: откуда появляются электрические заряды в атмосфере? Вы, наверное, не раз слышали об ультрафиолетовом и корпускулярном излучении Солнца. Проникая в верхние слои атмосферы, это излучение разбивает нейтральные молекулы воздуха на заряженные частицы — ионы, ионизирует воздух. То же действие оказывают и космические лучи, пронизывающие всю толщу атмосферы. А у самой поверхности земли воздух подвергается атакам излучения радиоактивных элементов, которые в изобилии содержатся в земной коре.

В конце XIX века ученые пришли к выводу, что в атмосфере Земли на высоте примерно шестидесяти километров начинается ионизованная область — ионосфера, проводящий слой атмосферы, который, как скорлупой, охватывает планету. Это позволяет грубо приближенно рассматривать земную поверхность и ионосферный слой как обкладки конденсатора с разностью потенциалов около 300 кВ. В районах ясной погоды этот природный конденсатор постоянно разряжается, поскольку ионы под действием сил электрического поля уходят вниз к Земле. А вот в районах грозовой деятельности картина иная. Считается, что в каждый момент времени грозой охвачен в среднем примерно 1% земной поверхности. В этих районах мощные токи текут снизу вверх, компенсируя «разряд» в «ясных» районах. Таким образом, грозовые облака — это не что иное, как природные электрические генераторы, поддерживающие в равновесии всю систему сложного электрического хозяйства во всеземном масштабе.

Если вспомнить уроки физики в школе, то и сам механизм образования грозы перестает быть тайной: мощные вертикальные потоки поднимают вверх влажный теплый воздух. Наверху воздух расширяется и при этом охлаждается. Водяной пар конденсируется в капельки воды, которые собираются в кучевые облака. Давление у земли понижается, воздух с периферии устремляется к центру. Возникает ветер. Вот и готова первая стадия грозы.

Вторая стадия начинается с выпадения дождя. На высоте в облаке появляются ледяные кристаллы. Сильные вихри перемешивают наэлектризованные частицы облака, возникают искры-молнии, гремит гром. Восходящие и нисходящие потоки воздуха крутят водяные струи ливня то в одну, то в другую сторону. Вот когда гроза в разгаре!

А потом наступает стадия разрушения грозы. Во всей ее области развиваются нисходящие потоки воздуха.

Не получая больше от земли ни влаги, ни тепла, гроза затихает. Грозовое облако тает. Ветры из сходящихся превращаются в расходящиеся. «Вылившийся» с высоты холодный воздух, свежий, напоенный озоном, говорит о прекращении грозы.



Атмосферный конденсатор
из грозовых туч

Вот так! Обыкновенный феномен природы. Правда, не следует забывать, что для такого вот бесстрастного объяснения понадобились не годы, а столетия страха, мифов, а потом упорного труда собирания фактов и их осмысления. Понадобились думы и рассказы старейшин, колдовские действия магов и жрецов, размышления философов и, наконец, опыты естествоиспытателей. Опыты с неизвестным, опыты, сопряженные со смертельной опасностью, и все-таки — опыты...

В одной из книг по метеорологии в разделе «Возникновение гроз» написано: «В настоящее время хотя причины образования всех видов гроз и неизвестны точно, все же сами грозы уже настолько изучены, что можно указать основные явления, происходящие при грозе...» Главное в этой фразе — ее начало, признающее, что и по сей день точные причины образования гроз нам неизвестны.

Молнии бывают не только в грозовых облаках. Вулканологи, изучающие извержения, много раз отмечали молнии в облаках вулканического пепла. Мир был взволнован сообщениями о катастрофических взрывах на японских супертанкерах. Самое необычное заключалось в том, что случались они, как правило, во время промывки их колосальных танков сильной струей воды... Одним из объяснений является предположение, что при промывке возникали облака из электрически заряженных нефтеводяных капель. Создавалось электрическое поле с высокой напряженностью и благоприятные условия для образования электрического разряда...

Не может не поражать удивительная способность атмосферы накапливать и удерживать электрический заряд. Сегодня мы знаем, что земля, земная поверхность заряжена всегда отрицательно. В атмосфере содержатся положительные объемные заряды, плотность которых уменьшается с высотой. В целом же для мирового пространства Земля с ее атмосферой, по-видимому, электрически нейтральное тело.

Ежегодно над земным шаром бушует около сорока пяти тысяч гроз. Различные специалисты приводят разные цифры, но это не принципиально. Примерно каждые четыре секунды где-то сверкает молния. И если учесть, что средняя гроза по потенциальной мощности может быть сравнима с атомной бомбой, то просто плакать от бессилия хочется — столько энергии в мире пропадает зря!

Ученые много знают о грозах. Их изучают с земли, фотографируют из космоса со спутников. Их изучают изнутри. Самолеты, начиненные измерительной аппаратурой, кружатся около эпицентра грозы. Приборы фиксируют силу заряда, напряженность электрического поля, степень ультрафиолетового и рентгеновского излучений при блеске молний.

В период с 1928 по 1933 год три швейцарских физика — Браш, Ланж и Урбан — решили попробовать использовать энергию молний для своих опытов. На горе Джернерсо, где атмосфера всегда щедро насыщена электричеством, они подвесили на высоте около восьмидесяти метров над землей металлическую сетку, которая должна была собирать из туч положительные заряды...

Очевидцы рассказывали, что это было страшное устройство, работа с которым требовала отчаянного мужества. Сеть исправно работала, собирая заряды и повышая свой потенциал. Когда он достигал максимума, воздушный промежуток с оглушительным треском пробивала огненная искра длиной более четырех метров! Разряд длился примерно сотую долю секунды, а сила тока при этом достигала десятков тысяч ампер!

В один из недобрых дней во время опасного эксперимента от разряда такой молнии, пойманной в сеть, погиб Курт Урбан, после чего эксперименты на горе Джернерсо прекратились. Правда, прошло совсем немного времени, и они возобновились в других местах. В основном они велись по военным ведомством...

Специалисты научились и на земле, в лабораторных условиях, получать искусственные молнии. И все-таки... в образовании молнии есть еще немало загадочного для науки. Судите сами: критическая напряженность поля, при которой в лабораторных условиях возникает электрическая искра, равна примерно 3000 кВ/м. А в природе достаточно 200—300 кВ/м. Как же возникают молнии? Точного ответа на этот вопрос пока у науки нет!

Как-то раз в завязавшемся разговоре с приятелями-физиками услышал я любопытное суждение: «Самым энергоемким аккумулятором относительно единицы массы была бы шаровая молния...»

Шаровая молния — редко встречающееся явление. Она выглядит как довольно устойчивый светящийся шар размером от теннисного до футбольного мяча. Образуется обычно в грозу следом за ударом линейной молнии. Состоит же шаровая молния предположительно из неравновесной плазмы и существует от одной секунды до нескольких минут. С тех пор как люди перестали видеть в явлениях природы «гнев Божий», о шаровой молнии написано множество заметок, статей, книг, и все равно никто из физиков точно не знает, что это такое.

Одним из первых ученых, грамотно описавших это явление, был Араго. Правда, в своей статье он больше спрашивал, чем объяснял. И в конце рассуждений с грустью констатировал: «Как и где образуются эти скопления весомой материи, сильно пропитанные веществом молний? Какова их природа?.. По этому поводу в науке существует пробел, который необходимо заполнить». Эти слова написаны в книге «Гром и молния» в середине XIX столетия. В 1885 году книга французского ученого была переведена и издана в Петербурге.

Араго полагал, что шаровая молния — это шар с гремучим газом — соединением азота с кислородом, — насквозь пропитанный «веществом молнии». Такой шар, по мнению ученого, возникал в грозовых облаках, заряжался наподобие конденсатора электричеством и падал на землю. Изолятором, или диэлектриком, в таком конденсаторе могли служить слои сухого, уплотненного электрическими силами воздуха между заряженными оболочками. Когда осуществлялся «пробой» изоляции, искра поджигала гремучие газы — и шар взрывался. Если же «пробоя» не происходило, электрическая энергия могла тихо «стечь» с шара — и он исчезал. Было еще много теоретических гипотез о природе этого загадочного явления. Одни авторы считали, что шаровая молния несет в себе запас энергии. Другие, напротив, предполагали, что источник энергии шаровой молнии находится вне ее оболочки...



Доминик Франсуа
Араго (1786—1853)

В 1936 году в редакцию английской газеты «Дейли мейл» пришло письмо одного читателя. Вот что он писал:

«Сэр! Во время грозы я видел большой раскаленный шар, спустившийся с неба. Он ударил в наш дом, перерезал телефонные провода, зажег оконную раму и затем исчез в кадке с водой, стоявшей под окном. Вода кипела в течение нескольких минут, но когда она достаточно остыла, чтобы можно было поискать шар, я ничего не смог обнаружить в бочке.

У. Моррис. Дарстоун, Херфорд».

Королевский астроном, которого попросили прокомментировать это письмо, сообщил: «По-видимому, то, что видел ваш корреспондент, представляет собой очень редкое явление, известное под названием... шаровой молнии...»

Специалисты подсчитали примерную энергию, затраченную на кипячение воды в кадке. Получилось от 1 до 3 кВт · ч. Это, в свою очередь, позволило оценить удельную энергоемкость шаровой молнии как минимум в 100 кВт · ч.

Похожий случай наблюдал в Закарпатье некто С. Мах. «В августе 1962 года, — писал он в письме, — около 11—12 часов вечера в корыто с водой для скота упала шаровая молния размером с теннисный мяч. Она светилась цветами радуги в течение около 10 секунд. Вода из корыта почти полностью выкипела, на дне лежали сварившиеся лягушки. Размер корыта 0,3 × 2,5 м. Глубина слоя воды — 15 см. В двух других корытах также были обнаружены сварившиеся лягушки».



Шаровая молния на крестьянской ферме

В этом случае описываемая шаровая молния должна была иметь значительно бóльшую удельную энергоёмкость. Масса выкипевшей воды равнялась примерно ста килограммам.

Из чего же должна состоять шаровая молния, чтобы произвести такое действие? Это наверняка не «горючее вещество», потому что тогда оно должно было бы обладать фантастической эффективностью. Напомним, что даже такое «идеальное горючее», как газ ацетилен, имеет энергоёмкость во много раз меньше.

Ученые выдвигали множество гипотез о природе шаровой молнии. И каждую из них время и новые факты низводили с пьедестала. «Яков Ильич Френкель был человеком, которого просто оскорбляло существование непонятных физических явлений, — пишут И. Имянитов и Д. Тихий в книге «За гранью законов науки», посвященной шаровой молнии. — Широко эрудированный физик, он обладал удивительной способностью сопоставлять весьма отдаленные области знания и в то же время легко отвлекаться от досадных мелочей, часто заслоняющих основные черты явления».

Он считал шаровую молнию вихрем из смеси твердых частиц дыма и пыли с химически активными газообразными продуктами, которые образуются в результате удара обычной молнии. Такой вихрь

из раскаленных частиц ярко светится. А циркуляция ионов в нем приводит к возникновению сильного магнитного поля, которое стягивает весь клубок в шар и способствует сохранению его формы. Многочисленные наблюдатели отмечают «любовь» шаровых молний к печным трубам и дымоходам. Есть даже свидетельства появления огненных шаров зимой, во время метелей и снегопадов. Не значит ли это, что для существования шаровой молнии необходимы твердые частицы дыма и сажи, пыли и снежинок? Кроме того, после взрыва — разряда шаровой молнии — в воздухе остается дымок с острым запахом.



Яков Ильич
Френкель
(1894–1952)

Но и по расчетам Френкеля энергоемкость шаровой молнии оказывалась весьма незначительной. Так что, скорее всего, теория, основывающаяся на энергии горения газов, для объяснения природы шаровой молнии не годится. Придется вернуться к гипотезе чисто электрической природы этого явления. И такое предположение рассматривалось учеными.

В 1960 году появилась статья Е. Хилла, в которой он сравнивал шаровую молнию с мини-атюрным грозовым облаком, электрические заряды в котором разделены ударом обычной линейной молнии. В небольшом объеме собираются сгустки электрических зарядов различных знаков. Представим себе шаровую молнию, состоящую, как матрешка, из вложенных друг в друга разноименно заряженных слоев. Получится сферический многослойный конденсатор. Но его энергоемкость тоже оказывается очень незначительной, в тысячу раз меньше даже рассчитанной Френкелем. Между тем по причиненным разрушениям взрыв шаровой молнии приравнивается к взрыву «от сотен граммов до 20 кг тринитротолуола». Это весьма солидный заряд взрывчатки.

Понятно, что такие свойства шаровой молнии не могли не привлечь к ней внимания тех, кто занят разработкой нового оружия. Еще в декабре 1960 года в американском журнале «Радио. Электроника» появилась статья: «Шаровая молния против ракет». В ней шло популярное объяснение оригинальной гипотезы советского физика Петра Капицы, выдвинутой им в 1955 году. Он писал: «Если в природе не существует источников энергии, еще нам не известных, то на основании закона сохранения энергии приходится принять, что во время свечения к шаровой молнии непрерывно подводится энергия, и мы вынуждены искать этот источник энергии вне объема шаровой молнии».

Время законов



Предположения и доказательства

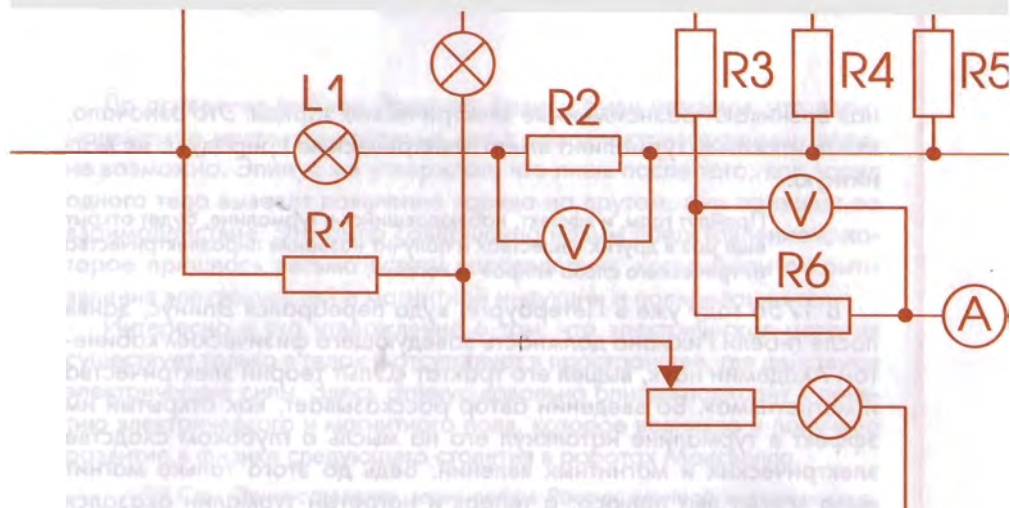
В поисках природы новой силы

Если в XVII веке большинство необъяснимых явлений природы, наблюдаемых на Земле, пытались отнести на счет воздушного давления, то сто лет спустя место давления заняло электричество. Ведь до Франклина представления большинства исследователей о природе электричества были чрезвычайно смутными.

Действию новой электрической силы пытались приписать, например, землетрясения. «Разве не могут пустоты и полости внутри Земли, заполненные водой, играть роль усилительных лейденских банок?» — спрашивали сторонники этой гипотезы. «Землетрясения происходят при выравнивании электричества между земной корой и атмосферой!» — утверждали другие. Третьи видели в электричестве причины испарения воды и выпадения дождя. Одна за другой возникло несколько теорий электричества, построенных на основе механических представлений.

Электрическое притяжение пытались объяснить истечением особых частиц. Потом вездесущий аббат Нолле изобрел чисто умозрительную теорию одновременного оттока и притока электрической материи. Его измышления не в состоянии были объяснить ни разницы между «смоляным» и «стеклянным» электричеством, ни работы электрической машины и лейденской банки. Англичанин Уильям Уотсон, обнаруживший, что кожаную подушку, натирающую стеклянный диск электрической машины, следует заземлять, заявил, что электричество рождается вовсе не от трения, а получается из земли и переходит с помощью натирающей поверхности на стеклянный диск.

Сам же Франклин предполагал, что «в природе существует особая «электрическая субстанция», отличная от обыкновенной материи в том отношении, что частицы последней взаимно притягиваются, а частицы первой взаимно отталкиваются друг от друга». Он полагал, что субстанция состоит «из чрезвычайно малых частиц, так



как они способны проникать в обыкновенную материю, даже в самые плотные металлы, с большой легкостью и свободой, как бы не встречая при этом сколько-нибудь заметного сопротивления».

При этом распределяется электричество только по поверхности тела, как растекающаяся жидкость, образуя в окружающем пространстве «электрическую атмосферу».

Против взглядов Франклина выступили аббат Нолле и многие его сторонники. Французам не нравилось появление в теории американца сил притяжения и отталкивания. Это придавало теории ньютоновский характер. Франция же в те годы воевала с англичанами в Индии, и все английское было на континенте мало популярным. Французские естествоиспытатели предпочитали видеть сущность электричества не в процессах, которые зарождаются и происходят в самих телах, а в том, что делается в окружающем эти тела пространстве.

Неожиданную поддержку теория Франклина получила в работе Франца Ульриха Теодора Эпинуса. В Берлине профессор астрономии и доктор медицины Эпинус вместе со своим учеником Иоганном Вильке исследовал турмалин и открыл его необычные электрические свойства. Так было открыто еще одно проявление загадочных электрических сил.

В начале XVIII века в брошюре с забавным названием «Курьезные спекуляции (или умозрения) любителя, который охотно всегда размышляет в бессонные ночи» появилось сообщение о том, что голландцы привезли с острова Цейлон камень турмалин, который, будучи нагрет, притягивает и отталкивает частички золы. Силу притяжения турмалина считали магнитной.

После серии опытов Эпинусу и Вильке удалось выяснить, что при неравномерном нагреве минерала на его противоположных сторо-

нах возникают разноименные электрические заряды. Это означало, что притяжение турмалина имеет электрическую природу, а не магнитную.

Пройдут годы, и эффект, наблюдавшийся в турмалине, будет открыт еще раз в других веществах и получит название пьезоэлектричества от греческого слова «пиро» — «огонь».

В 1756 году уже в Петербурге, куда перебрался Эпинус, заняв после гибели Рихмана должность заведующего физическим кабинетом Академии наук, вышел его трактат «Опыт теории электричества и магнетизма». Во введении автор рассказывает, как открытый им эффект в турмалине толкнул его на мысль о глубоком сходстве электрических и магнитных явлений. Ведь до этого только магнит имел всегда два полюса, а теперь и нагретый турмалин оказался обладателем дипольного эффекта. Вот только почему? В чем причина обнаруженного явления?

Ученый отказывался даже от обсуждения природы сил притяжения и отталкивания. Он ссылаясь на Ньютона, который также не занимался выяснением причин всемирного тяготения. Однако при более внимательном прочтении из текста «трактата» можно было понять, что силы притяжения и отталкивания, действующие на расстоянии, являются универсальным свойством электрических зарядов, точно так же как притяжение — универсальное свойство тел в механике Ньютона. За субстанцию, обладающую свойствами электрического притяжения и отталкивания, Эпинус принимал некую единую электрическую жидкость, предложенную Франклином.

По аналогии с гипотезами, высказанными в теории электричества, Эпинус строил и теорию магнетизма. Он предполагал существование магнитной жидкости, частицы которой взаимно отталкиваются. Все тела он делил на безразличные к частицам магнитной жидкости и притягивающие магнитную жидкость.

Правда, закон Ньютона утверждал, что все тела природы связаны друг с другом силами притяжения. По теории же Эпинуса частицы должны отталкиваться друг от друга. Это обстоятельство смущало всех, включая и самого автора теории.

Работы Эпинуса сразу же стали широко известны и оказали влияние как на взгляды физиков его времени, так и на дальнейшее развитие науки об электричестве. Эпинус едва ли не первым применил математику для описания электрических и магнитных явлений. И это позволило ему сделать много очень интересных предположений, предвосхитивших будущие открытия. На его выводы ссылались Кавендиш и Кулон, о его теории писали французские академики Лаплас, Кузен и Лежандр. О нем упоминали Вольт и Фарадей.

До появления работы Эпинуса физики были уверены, что взаимодействие наэлектризованных тел с ненаэлектризованными вполне возможно. Эпинус же утверждал, что лишь после того, как заряд одного тела вызовет появление заряда на другом, они приходят во взаимодействие. Это было совершенно новым представлением, которое пришлось весьма кстати впоследствии, когда были открыты явления электрической и магнитной индукции и поляризации тел.

Интересно и его утверждение о том, что электрическая материя существует только в телах и отсутствует в пространстве, где действуют электрические силы. Здесь Эпинус довольно близко подходит к понятию электрического и магнитного поля, которое возникло и получило развитие в физике следующего столетия в работах Максвелла.

Сам Эпинус недолго занимался в России научной деятельностью. По желанию Екатерины II он в 1765 году принял на себя заботу о воспитании великого князя Павла Петровича. И с тех пор занимался государственной деятельностью в столичном бюрократическом аппарате.

Занятый придворными интригами, участник множества начинаний, Эпинус мало внимания уделял своей должности профессора физики в академии. Это приводило его к частым столкновениям с Ломоносовым. Взаимоотношения обоих ученых оставляли желать лучшего на протяжении всего их совместного существования в академии.

Когда люди знают мало, они придумывают гипотезы. А если впереди гипотезы шествует еще и теория, то, значит, люди об этом вопросе знают еще меньше. Справедливости ради нужно рассказать о возникновении еще одной теории электричества, очень сходной с теорией Дюфе, но родившейся независимо и не во Франции, а в Англии. Эта теория сыграла немаловажную роль в установлении взглядов на природу электричества.

Случилось это так. Во время одного из заседаний Лондонского королевского общества сэр Роберт Симмер показал коллегам вовсе не значительный опыт: электрической искрой он пробил бумагу. Края отверстия оказались загнутыми в обе стороны. Почему?

Джентльмены пожали плечами. Что же, по-видимому, это еще одна загадка таинственного электричества. Многие явления пока что не находят толкований, а если и объясняются как-то существующими теориями, то настолько туманно, что даже сами авторы теорий пишут эти объяснения неохотно.

— Я могу вполне ясно объяснить любое из указанных явлений, джентльмены, — спокойно ответил сэр Роберт, поднимаясь со своего места и подходя к столу. — Но сначала еще один опыт...

Он взял стул и поставил его на стол. После этого естествоиспытатель с великим кряхтением, ибо был он человеком уже немолодым, взобрался туда же, утвердился на стуле и попросил погасить свечи.

Заинтересованные члены общества столпились вокруг. Сэр Роберт снял башмаки. А когда он начал стягивать с ног чулки, кое-кто из присутствующих подался назад... Странное чудачество? Впрочем, англичане уважают чудаков. Даже считают, что чудаки движут прогресс.

Сэр Роберт носил две пары шелковых чулок. На одной ноге у него было два белых чулка, а на второй под белым скрывался черный. Присутствующие не без удивления заметили, что при стаскивании одного чулка с другого между ними пробегали электрические искорки. Впрочем, что же удивительного? Ведь сэр Роберт трением наэлектризовал свою одежду. Но вот чулки сняты...

— Прошу свет!

Свечи были зажжены и поставлены на стол. И все увидели, что снятые чулки надулись, как бычьи пузыри, так что их можно было поставить стоймя. Но главное было не в этом. Симмер поднес два белых чулка друг к другу. Они оттолкнулись и стремительно разошлись в разные стороны.

— Точно так же отталкиваются друг от друга и черные чулки, — лаконично поведал он присутствующим.

Однако стоило ему поднести белый чулок к черному, как тот к нему немедленно притянулся.

— В чем причина различного поведения чулок, отличающихся только цветом, джентльмены?

Ошеломленные джентльмены молчали. Тогда сэр Роберт продолжил:

— По-видимому, в составе краски?.. Но кто не знает, что черную краску получают красильщики из чернильных орешков и железного купороса? Где же здесь причина притяжения и отталкивания?.. А вот не означает ли продемонстрированный опыт, что в своем естественном (ненаэлектризованном) состоянии все тела содержат в себе два рода электричества — положительное и отрицательное, которые и переходят при трении с тела на тело. И если на теле скопился избыток одного из видов электричества, оно проявляет действия наэлектризованного.

— Браво, сэр Роберт! Это предположение действительно объясняет причины притяжения и отталкивания наэлектризованных разными родами электричества тел...

Так возникла еще одна теория о существовании двух противоположных и нейтрализующих друг друга видах электричества — положительном и отрицательном. Ведь Роберт Симмер не знал, что за двадцать лет до него французский естествоиспытатель Жан Дюфе уже выдвигал подобную гипотезу.

Вначале ученые считали, что унитарная и дуалистическая гипотезы примерно одинаково объясняют наблюдаемые электрические явления. Но скоро обнаружилось, что с помощью взглядов Дюфе—Симмера легче объяснить целый ряд явлений, не поддающихся теории единой жидкости. Легче оказалось понять индукцию, то есть электризацию через влияние. А растолковать непонятное до сих пор отталкивание отрицательно заряженных тел с помощью двух видов электричества просто ничего не стоило. Нет, нет, определенно очень многое из того, что являлось непреодолимым для унитарной гипотезы, дуалистическая гипотеза объясняла запросто. Были и другие проблемы, разрешившиеся с введением новых взглядов.

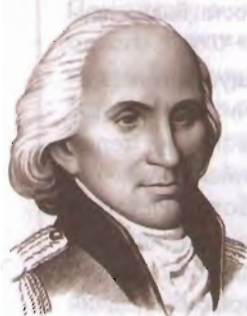
Однако время гипотез закончилось. Все острее ощущали исследователи необходимость научиться измерять и рассчитывать силы, определяющие взаимодействие между наэлектризованными телами. «Современные теории, — писал известный английский ученый Джозеф Пристли в 1767 году в своей ранней работе «История электричества», — не могут дать нам ничего лучшего, как лишь навести нас на новые эксперименты». Для того чтобы двигаться дальше, нужно было открыть количественные законы, которым бы подчинялись электрические силы. Нужно было научиться считать!..

Первый закон о взаимодействии

Шарль Огюстен Кулон был военным инженером. Родился он в 1736 году в Ангулеме. Учился в Париже. Окончив учебу, поступил на военную службу и, прослужив несколько лет в разных гарнизонах, вышел по нездоровью в отставку. Следует отметить, что все годы службы он не оставлял научных занятий, интересуясь исследованиями в области механики, магнетизма и электричества. За свои научные работы, послужившие улучшению устройства компаса, Кулон получил премию Парижской академии наук. А два года спустя — вторую премию за «теорию простых машин». В 1781 году его избрали членом академии. И скоро он стал одним из генерал-инспекторов министерства народного просвещения.

Изучив явление кручения как деформацию упругих тел, Кулон в 1784 году изобрел крутильные весы — необыкновенно чувствительный прибор, с помощью которого можно было измерять совсем слабые взаимодействия. Состояли они из тоненькой не проводящей электричество палочки, подвешенной горизонтально на конце проволочного волоска. Палочка заканчивалась крохотным бузиным шариком. Рядом находился еще один такой же шарик, насаженный на неподвижный вертикальный изолированный стержень. Наэлектризованные одинаково, шарики взаимно отталкивались. При этом подвижный шарик закручивал проволочный волосок. Законы круче-

ния, найденные Кулоном, позволяли измерять как силу отталкивания, так и силу притяжения заряженных шариков, а потом и магнитов. Прodelав множество раз одни и те же измерения, чтобы избавиться от возможной ошибки, Кулон обобщил их и вывел закон, по которому следовало, что электрические заряды взаимодействуют с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.



Шарль Огюстен
Кулон
(1736–1806)

Раньше Кулона предположение о том, что сила взаимодействия двух наэлектризованных тел должна быть обратно пропорциональна квадрату расстояний между ними, уже высказывал Джозеф Пристли в «Истории электричества», написанной по настоянию Франклина. В один из своих приездов в Англию Франклин в беседе с Пристли обратил его внимание на то, что пробковые шарики, подвешенные внутри металлического сосуда, не обнаружили никакого воздействия со стороны стенок наэлектризованного сосуда. Сам Франклин не смог объяснить причины наблюдаемого явления. Пристли в конце 1766 года повторил опыт Франклина и высказал предположение: «Нельзя ли заключить из этого опыта, что электрическое притяже-

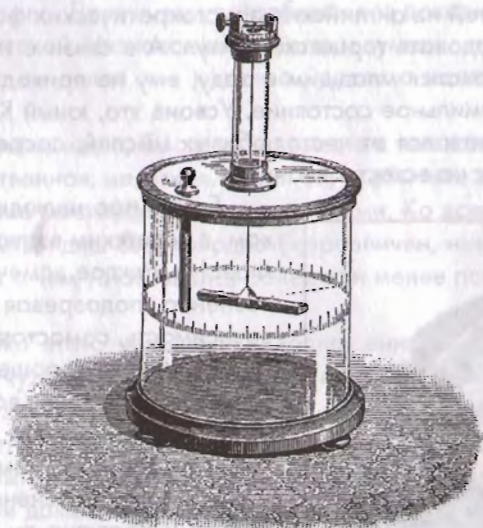
ние подчиняется такому же закону, как и тяготение, то есть оно изменяется пропорционально квадратам расстояния».

Это предположение не обратило на себя внимания современников. И к тому же оно было только предположением. Доказал же его Кулон!..

В качестве гипотезы о природе электрической материи Кулон принял существование двух электрических жидкостей — положительной и отрицательной. Эту же гипотезу он распространил и на магнитные тела. Его теоретические выводы позволили ученым в дальнейшем вычислять распределение электричества по поверхности тел правильной формы и дали направление применению математического анализа в науке об электричестве.

Так и вошел в науку закон о взаимодействии электрических зарядов под названием закона Кулона.

На первых порах могло показаться, что открытие Кулоном закона взаимодействия электрических зарядов не внесло никаких кардинальных изменений в развитие учения об электричестве. Лишь двадцать пять лет спустя, когда французский ученый Пуассон с помощью этого закона решил математическую задачу о распределе-



Крутильные весы Кулона

нии заряда по поверхности проводника, исследователи должным образом смогли оценить его значение. Сегодня, оглядывая путь, пройденный человеческим познанием за два с лишним столетия, мы видим, что именно на период работ Кулона приходится начало новой эпохи в развитии науки об электричестве — эпохи количественных соотношений.

Гений-мизантроп

Спустя более полувека после того, как закон Кулона получил официальное признание, английский физик Джеймс Клерк Максвелл разбирал рукописи Генри Кавендиша. Среди пожелтевших от времени бумаг он случайно наткнулся на прекрасное опытное доказательство выдвинутой Пристли гипотезы. Относились эти опыты примерно к 1773 году, то есть на двенадцать лет опережали работу Кулона. Кем же был Генри Кавендиш, оставивший неопубликованным великое открытие века? Его фигура необычна и примечательна, а его труды достойны того, чтобы о них рассказать подробнее.

В 1731 году в семье лорда Карла Кавендиша, герцога Девонширского, родился второй сын. Ребенок увидел свет в благословенной Ницце, где его молодая мать пыталась вернуть себе здоровье, потерянное на берегах туманного Альбиона. Увы, два года спустя, когда ее маленький сын, получивший имя Генри, только начинал говорить, она умерла. Мальчика ждала незавидная судьба младших

детей из английских аристократических фамилий. Генри не мог наследовать герцогский титул. А в связи с тем, что волей судьбы он оказался младшим в роду, ему не приходилось рассчитывать и на семейное состояние. Усвоив это, юный Кавендиш раз и навсегда отказался от честолюбивых мыслей, сосредоточив весь свой интерес на естествознании.



Генри Кавендиш
(1731–1810)

Генри рос нелюдимым, замкнутым ребенком, с недетским взглядом глубоко посаженных глаз. На каждое замечание он реагировал болезненно, подозревая покушение на свою независимость, самостоятельность и гордость.

Он получил хорошее домашнее воспитание. Отец, увлекавшийся вопросами метеорологии, много времени уделял младшему сыну. Привлекая его к своим опытам, учил строить приборы.

Поздно по сравнению с окружающими подростками поступил он в Питерхаус — один из колледжей Кембриджского университета. Но проучился там недолго. Не желая из гордости подвергаться экзаменам, Генри покинул Питерхаус. Он уединился в своем доме, свел до минимума потребности, чтобы прожить на имеющийся небольшой доход, и полностью отдался науке. Примерно с 1764 года он провел серию исследова-

ний газов. Однако и здесь, не желая признавать чей-либо авторитет, полный безразличия к окружающему обществу, не публиковал своих результатов.

В эти годы сложился окончательно его характер. Современники рассказывают, что с домашними Кавендиш объяснялся по преимуществу жестами. Так было короче. Он не выносил присутствия женщин и старался не заводить вообще никаких новых знакомств.

В сорок один год он получил огромное наследство от умершего дяди, но это ни на йоту не изменило его привычек. Разве что он стал тратить без оглядки деньги на постановку экспериментов и на пополнение своей библиотеки.

История не оставила нам подлинного портрета этого ученого. Существует только рисунок, являющийся собственностью Британского музея. Он, правда, больше похож на шарж...

В. П. Карцев в биографии Максвелла приводит любопытное описание Генри Кавендиша:

«Странная нелюдимость, паническая боязнь женщин, угрюмый характер, молчаливость. Визгливый голос, с каким-то великим тру-

дом исторгающийся из горла. Друзья злоупотребляли его доверием в пользовании его библиотекой. Незнакомцы не могли и думать о приглашении в дом. Все, что он делал, он, казалось, делал с великим трудом: писал, ходил.

Странной казалась его походка, быстрая, но вместе с тем какая-то болезненная и искусственная, нелегкая. Ходил он, чтобы ни с кем не здороваться, посредине мостовой, между экипажами. Ко всему, что не касалось науки, Кавендиш был холодно-безразличен, никогда не слышали, чтобы он о чем-то отзывался более или менее положительно».

Такова характеристика этого человека — воплощения английской эксцентричности и чудачества. И вместе с тем Кавендиш был блестящим ученым. В его манускриптах Максвелл нашел описание удивительных по тонкости, оригинальности замысла и по выполнению экспериментов. Целый ряд великолепных открытий был сделан им за закрытыми дверями домашней лаборатории. Открытий, о которых он и не подумал оповестить ученый мир.

«В своих рукописях, — пишет Максвелл, который пять лет разбирал рукописный архив Кавендиша, готовя 25 пакетов манускриптов к изданию, — он обнаруживает знакомство с законами параллельного и последовательного соединения проводников, однако, для того чтобы пролить свет на смысл его слов, нужно обратиться к его опубликованной статье (о скате-торпедо). Он провел весьма обширные исследования в области проводимости солевых растворов в трубках, которые можно уподобить проволокам из разных металлов. Создается впечатление, что он достоин еще больших почестей, так как он превзошел Ома задолго до того, как были открыты постоянные токи. Его измерения емкости заставляют нас попотеть в кавендишской лаборатории, прежде чем мы достигнем точки, где он остановился...»

Удивительно, что все его открытия были сделаны до того, как в руках экспериментаторов появился первый электрический элемент — вольтов столб, дающий, хоть и кратковременно, постоянный ток. Источниками электричества Кавендиша были легко бегущие облака, несущие в себе едва уловимые заряды, и ненадежная электрическая машина. «Его единственным несчастьем, — добавляет Максвелл, — было то, что он не имел электрометра Томсона... И тем не менее... Он нашел диэлектрические постоянные для стекла, смолы, воска и т. п.»

Тончайшие измерения были проделаны Кавендишем фактически без контрольных приборов — их еще просто не изобрели. Единст-



Опыт Кавендиша, показывающий, что электричество распределяется только по поверхности проводника

венным регистрирующим прибором ученого был он сам и его столь же молчаливый слуга Ричард — «физиологический гальванометр».

Фактически он предвосхитил открытие закона Кулона и раньше Фарадея нашел влияние диэлектрика на емкость конденсатора. Кроме физических опытов, Кавендиш много занимался химией. В 1766 году он получил водород и углекислый газ и измерил их плотность. В 1789 году определил количество кислорода в воздухе, нашел состав воды. Дитя своего века, он был тем не менее сторонником теории флогистона и именно с этих позиций объяснял результаты многих химических экспериментов.

Закончив одну работу, Кавендиш занимался следующей проблемой, ни словом публично не обмолвившись о сделанных открытиях. Удивительный характер! Впрочем, мизантропия и оригинальность не столь уж уникальные качества гениев — героев истории науки.

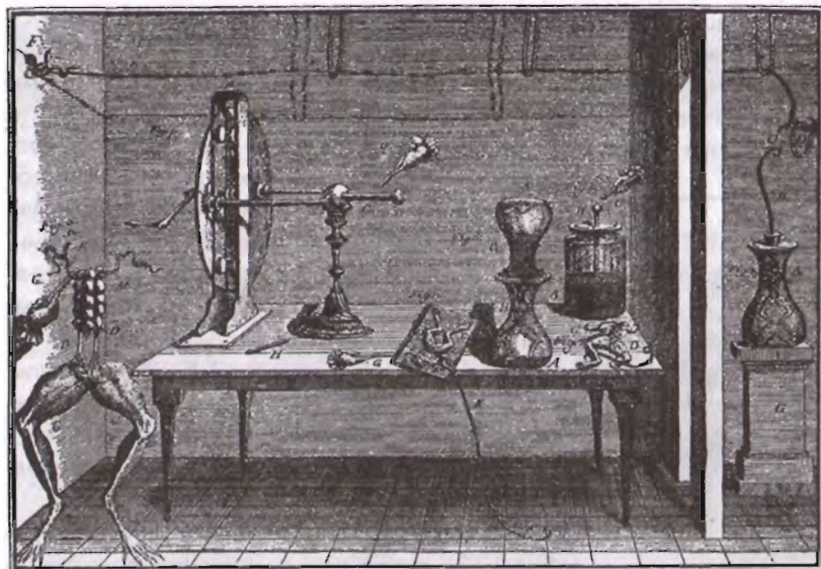
Кавендиш никогда не болел. Лишь на восьмидесятом году жизни, впервые почувствовав недомогание, он понял, что умирает. Потребовал, чтобы никто из слуг не входил в его комнату, а врачу, прибывшему к нему, запретил помогать себе.

Таков был этот удивительный человек, гениальный ученый, во многом опередивший свое время.

Приглашение в Болонью

А теперь путешествие по времени приводит нас в итальянский город Болонью. На календаре дата: 26 сентября 1786 года.

Мы идем по узким и кривым улочкам вдоль бесчисленных и, увы, обветшавших палаццо XIII и XIV веков — времени расцвета города. Многочисленные портики и аркады, зубчатые стены и башенки, вы-



Экспериментальный стол болонского физиолога Луиджи Гальвани

крашенные в серый и розоватый цвета, придают окружающему определенный колорит. Улицы ведут к центральной площади, но наша цель — знаменитый Болонский университет. За время своего существования, с XI века, он не раз менял местонахождение, так что лучше спросить, как пройти. Благо в студентах на улицах недостатка нет... Итак: «Где находится помещение медицинского факультета?» Как же это будет по-итальянски?..

Вот он! Давайте поднимемся на второй этаж, где в лаборатории практической анатомии синьор профессор Гальвани готовит экспериментальный материал к завтрашней лекции.

О, да здесь не только препараторская! На столе, на котором Гальвани препарирует лягушек, стоит электрическая машина и ряд лейденских банок. Трещат искры. Диковатого вида студент крутит ручку, а под ножом препаратора в сумасшедшем танце дергаются отрезанные лапки болотных квакух... Но дадим слово самому синьору профессору. В первой части «Трактата о силах электричества при мышечном движении», вышедшего из печати в 1791 году, он пишет: «Я разрезал и препарировал лягушку и, имея в виду совершенно другое, поместил ее на столе, на котором находилась электрическая машина при полном разобщении от кондуктора последней и довольно большом расстоянии от него. Когда один из мо-

их помощников острием скальпеля случайно очень легко коснулся внутренних бедренных нервов этой лягушки, то немедленно все мышцы конечностей стали так сокращаться, что казались вставшими в сильнейшие тонические судороги. Другой помощник заметил, что это удастся тогда, когда из кондуктора машины извлекается искра.

Удивленный новым явлением, он тотчас же обратил на него мое внимание, хотя я замышлял совсем другое и был поглощен своими мыслями. Тогда я зажегся невероятным усердием и страстным желанием исследовать это явление и вывести на свет то, что было в нем скрыто».

Вы скажете: «Случайность! Какой-то итальянский врач препарировал лягушку и натолкнулся на непонятное явление...» Чтобы развеять это заблуждение, познакомимся поближе с синьором Гальвани.

Луиджи Гальвани родился в Болонье 9 сентября 1737 года в семье, имеющей достаточно средств, чтобы в двадцать два года он смог окончить медицинский факультет Болонского университета. В нем он и остался преподавать. В 1763 году синьор Гальвани становится профессором. Он не только хороший лектор, но и

анатом. На его счету не одна удачная хирургическая операция. И при всей своей занятости Гальвани не бросает занятий наукой. В 1780 году он начинает исследования по физиологии нервов и мышц...

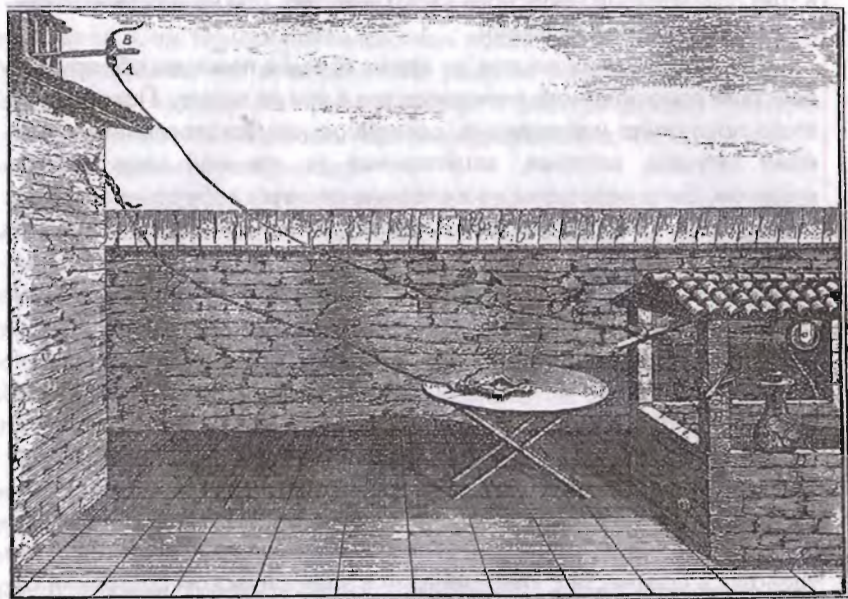
Но вернемся в лабораторию анатома. Зачем на препараторском столе стоят электрическая машина и лейденские банки?

Заметим — 1786 год, последняя четверть XVIII столетия! Как я уже рассказывал, середина века была отмечена поголовным увлечением электрическими опытами. Их количество должно было дать качественный скачок... Электризацией пытались не только выводить цыплят, но и лечить людей. Врачи электризовали лекарства, пациентов и, независимо от результатов, писали о «безусловно положительном эффекте». Кстати, ведь и лейденскую банку открыли, желая «зарядить» микстуру от кашля.

К описываемому времени появилось немало «целителей», уверявших, что они обладают особенно сильным электрическим воздействием и потому могут излечивать больных. Возникли даже «методики лечения», согласно которым расслабленных (парализованных) людей надо заряжать для излечения положительным электричеством, а безумных — отрицательным.



Луиджи Гальвани
(1737—1798)



Опыты Гальвани с разнородными металлами

Думаю, теперь понятно, почему на столе у Гальвани оказался такой модный прибор, как электрическая машина. Она была ему необходима для медицинских опытов.

Обнаружив влияние электричества на лягушачьи лапки, Гальвани предположил, что все дело в электрических искрах. Но если слабая искра электрической машины заставляет лягушачью лапку держаться, то что должно произойти во время грозы, при блеске молнии?.. Надо только дожидаться грозы. И когда желанная погода наступила, ассистенты синьора профессора тотчас же отправились к соседнему пруду, откуда обычно черпали материал для экспериментов. Правда, злые языки утверждали, что после демонстрации студентам мясистые лапки частенько шли в кастрюльку, обеспечивая не только духовную пищу почтенному экспериментатору и его болезненной супруги. Но чего не говорят люди...

Так или иначе, но к началу грозы на железной ограде балкона лаборатории висела впечатляющая гирлянда лягушачьих лапок, нанизанных на медные проволочки. Наконец подул ветер. Забарабанил дождь, и блеснула первая молния. Отрезанные лапки исправно задержались, правда, не сильнее, чем в лаборатории, и вовсе не

в такт с разрядами небесного электричества. Тем не менее эксперимент удовлетворил Гальвани.

«После успешных опытов во время грозы я пожелал обнаружить действие атмосферного электричества в ясную погоду. Поводом для этого послужило наблюдение, сделанное над заготовленными лапками лягушки, которые, зацепленные за спинной нерв медным крючком, были повешены на железную решетку забора моего сада: лапки содрогались не только во время грозы, но иногда, когда небо было совершенно ясно. Подозревая, что эти явления происходят вследствие изменения атмосферы в течение дня, я предпринял опыты. В различные часы в продолжение ряда дней я наблюдал нарочно повешенную на заборе лапку, но не обнаружил каких-либо движений в ее мускулах. Наконец, утомленный тщетным ожиданием, я прижал медный крюк, который был продет в спинной мозг, к железной решетке, желая посмотреть, не возникнут ли благодаря этому приему мышечные движения и не обнаружат ли они в чем-нибудь отличия и изменения, смотря по различному состоянию атмосферы и электричества». Лапка задергалась. Но ее сокращение никак не удавалось соотнести с «переменами в электрическом состоянии атмосферы».

Гальвани перенес опыты в помещение. Он укладывал лягушачьи лапки на подставки из разных металлов. В одних случаях сокращения были сильнее, в других — слабее. Он пробовал экспериментировать с деревянной дощечкой в качестве подложки, со стеклом, смолой... Эффект не наблюдался. Казалось бы, все подталкивало к тому, чтобы изучить роль разнородных металлов в обнаруженном явлении. Но Гальвани по этому пути не пошел. Анатом и физиолог, он решил, что лягушачьи лапки сами являются не чем иным, как источником особого вида электричества, неким подобием лейденской банки. В своем дневнике Гальвани записал: «Это было несколько неожиданно и заставило меня предположить, что электричество находится внутри животного». Металлы же в его понимании были просто проводниками открытого им нового «животного электричества».

Утверждая, что он открыл именно новый вид электричества, Гальвани приводил в пример электрических рыб. Их способность наносить чувствительные удары была известна с глубокой древности. Есть свидетельства, что уже римские врачи помещали парализованных больных с целью излечения в бассейны с электрическими скатами. А когда испанские мореплаватели достигли берегов Америки и худо-бедно познакомились с природой Нового Света, то в XVII веке появились описания электрического угря.

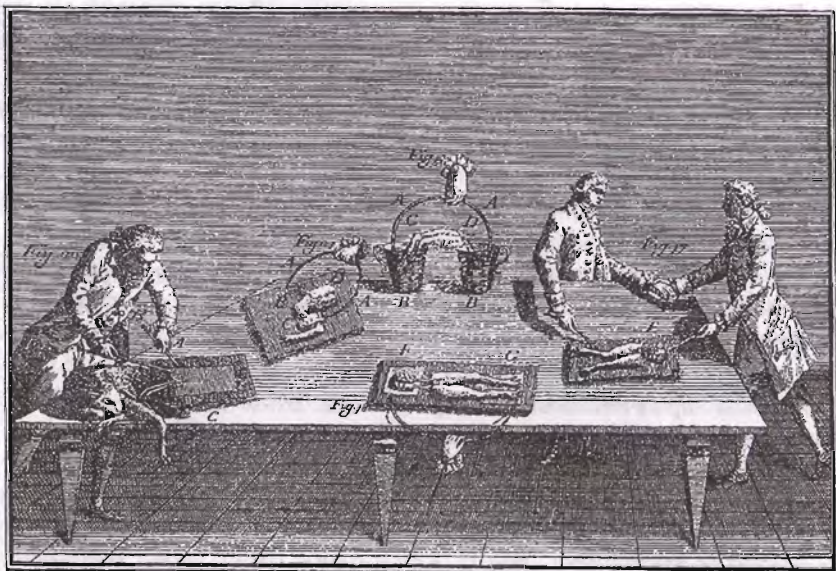
Естественно, что в те времена никто этих рыб «электрическими» не называл. Сам термин появился лишь после работ Гильберта. Но когда выяснилось, что электрический удар от разряда лейденской банки такой же, как от прикосновения к электрическому скату, французский ботаник Марсель Адансон предположил, что и то и другое имеет одинаковую природу.

Проверяя высказанную гипотезу, английский физик Дж. Уолш выяснил, что «удар» электрического ската передается по проводнику, но не передается через стекло, дерево и другие изоляторы. Он даже наблюдал искры, проскакивающие между полосками фольги, наклеенными на теле ската, при разряде, и повторил опыт аббата Нолле, пропустив разряд (теперь уже не удар, а разряд) электрической рыбы через нескольких добровольцев. Этим была почти доказана электрическая природа явления.

Занимался электрическими рыбами и Гальвани. (Одна из них даже носит ныне его имя — «торпедо Гальвани».) Эти опыты лишь утвердили его в мнении, что если скаты могут вырабатывать электричество, то его должны давать и мышцы любого другого животного. При этом болонский профессор подчеркивал в своем «Трактате...», что считает электричество, возникающее при трении, так же как атмосферное и электричество скатов, сходным с «животным электричеством», которое открыл он. Это важно отметить, поскольку еще и пятьдесят лет спустя находилось немало ученых, считавших, что «животное электричество» должно иметь какие-то признаки, отличающие его от обычного. И лишь серия специальных работ Фарадея, показавшего, что все известные науке виды электричества ничем не отличаются друг от друга, смогла положить конец этому заблуждению.

Еще за десять лет до опытов Гальвани гениальный ученый-одиночка Кавендиш присоединил проволоочки к брюху и спине ската и с помощью электроскопа с бузинными шариками измерил заряд на теле рыбы. Но Кавендиш никогда не публиковал результаты своих опытов.

Опыты Гальвани повторяли буквально во всех странах. Лягушки гибли тысячами во славу новой науки. Современники писали: «В течение целых тысячелетий хладнокровное племя лягушек беззаботно совершало свой жизненный путь, как его наметила природа, зная только одного врага, господина аиста, да еще, пожалуй, теряя урон от гурманов, которые требовали для себя жертвы в виде пары лягушачьих лапок со всего несметного рода. Но на исходе XVIII столетия наступил злосчастный век для лягушек. Злой рок воцарился над ними, и вряд ли когда-либо лягушки от него освободятся. Затравлены, схвачены, замучены, скальпированы, убиты, обезглавлены — но



Опыты Гальвани

и со смертью не пришел конец их бедствиям. Лягушка стала физическим прибором, отдала себя в распоряжение науки. Срезают ей голову, сдерут кожу, расправят мускулы и проткнут спину проволокой, а она все еще не смеет уйти к месту вечного упокоения; повинувшись приказаниям физиков или физиологов, нервы ее придут в раздражение и мускулы будут сокращаться, пока не высохнет последняя капля «живой воды». И все это лежит на совести у Алоизо Луиджи Гальвани».

Со временем от лягушачьих лапок экспериментаторы перешли к конечностям кроликов и овец, пробовали действие электричества на ампутированной человеческой ноге. Английский врач из Глазго на публичной лекции приложил электроды от батареи лейденских банок к нервам и мышцам трупа повешенного и воспроизвел у него дыхательное движение грудной клетки. А когда покойник под действием электрического разряда открыл глаза и лицо его стало подергиваться, многие из присутствующих лишились сознания от ужаса.

«Гальвани — воскреситель мертвых!» — кричали заголовки газет. Казалось, оставалось совсем немного до исполнения вековой мечты человечества. Для этого надо было только тщательно изучить «животное электричество Гальвани», найти его источник в теле и научиться заряжать этот источник, когда он иссякает со смертью.

Сначала Гальвани вел только дневники своих опытов. Но через десять лет он решил объединить результаты исследований и выпустил «Комментарий о силах электричества в мускульном движении». Книга вызвала большой интерес среди физиков и врачей, наперебой повторявших описанные опыты. Уже давно было известно, что электрические разряды от машин и лейденских банок вызывают конвульсии у людей, подвергавшихся их ударам. И хотя природа таких явлений оставалась неисследованной, медики-практики широко пользовались «электрической жидкостью» для лечения своих пациентов от всевозможных болезней.

Гальвани сравнивал мышцу с лейденской банкой, предполагая, что ее внешняя и внутренняя части заряжаются противоположным электричеством. Именно потому, что нерв — кондуктор этой банки соединяли с поверхностью мышцы, соответствовавшей внешней обкладке, происходил разряд, результатом которого было сокращение мышцы.

«Волнение, вызванное появлением книги Гальвани, среди физиков, физиологов и врачей, — писал историк науки Эмиль Дюбуа-Реймон, — можно сравнить лишь с бурей, появившейся в то же самое время на политическом горизонте Европы. Повсюду, где только имелись лягушки и где можно было раздобыть два куса разнородного металла, всякий хотел собственными глазами убедиться в чудесном воскрешении отрезанных членов».

Вольта против Гальвани

В самый разгар триумфа гальванизма появилась в итальянском «Физико-медицинском журнале» статья профессора физики Павийского университета Алессандро Вольты. Тот утверждал, что для объяснения опытов Гальвани не нужно предполагать существование какого-то особенного «животного электричества». Дело совсем не в несчастной лягушке и не в ее отрезанной ноге. Просто Гальвани, сам того не подозревая, привел во взаимодействие два разных металла. Они и породили электрическую силу. А лягушка послужила только проводником. «Я давно убедился, — писал Вольта в письме к профессору Вассали, — что все действие возникает первоначально вследствие прикосновения металлов к какому-нибудь влажному телу или к самой воде. В силу такого соприкосновения электрический флюид гонится в это влажное тело или в воду от самих металлов, от одного больше, от другого меньше (больше всего от цинка, меньше всего от серебра). При установлении непрерывного сообщения между соответствующими проводниками этот флюид совер-

шает постоянный круговорот. И вот, если в состав этого проводящего круга или в какую-нибудь его часть входят в качестве соединительного звена бедренные нервы лягушки, рассеченной таким образом, что только по одним этим нервам должен пройти весь или почти весь электрический ток, или если таким звеном является какой-нибудь другой нерв, служивший для движения того или иного члена тела какого-либо другого животного, пока и поскольку такие нервы сохраняют остаток жизнеспособности, то тогда, управляемые такими нервами, мышцы и члены тела начинают сокращаться, как только замыкается цепь проводников и появляется электрический ток; и они сокращаются каждый раз, когда после некоторого перерыва эта цепь снова замыкается».

В этих строчках фактически изложена идея самого Вольты о новом «металлическом электричестве» как источнике «постоянного кругооборота» электрического флюида, то есть электрического тока, и полностью отрицается гипотеза Гальвани о «животном электричестве».

Вольт был к этому времени довольно известен своими исследованиями газов, а также несколькими выдающимися экспериментальными работами по электричеству, являлся членом Лондонского королевского общества. Сначала он, как и все, был убежден в правильности взглядов Гальвани. Но, повторяя опыты коллеги, стал испытывать сомнения. Гальвани, считая, что именно в мышце, как в лейденской банке, накоплено «животное электричество», всегда прикладывал металлический проводник одним концом к мышце, а другим к нерву и наблюдал сокращение лягушачьей лапки как результат «разряда».

Вольт обнаруживает, что еще лучше сокращение происходит, когда проволока, состоящая из двух разнородных металлов, замыкает не мышцу и нерв, а два участка препарированного нерва... Не значит ли это, что вовсе не в мышце накапливается «животное электричество», а сам нерв передает в мышцу «электрический флюид»? (В те времена электричество считалось некой невесомой жидкостью — флюидом.) И почему замыкающий проводник должен состоять из двух разнородных металлов? Не в них ли дело? Вольт начинает исследовать сочетания разных пар металлов и приходит к выводу, что не мышца лягушки, а два металла «являются в настоящем смысле слова возбудителями электричества, между тем как нервы играют чисто пассивную роль».

Естественно, что Гальвани не мог оставить такой выпад без внимания. В присутствии свидетелей он препарировал лягушек железным ножом, положив их на железную же подставку, соединял мыш-

цу и нерв проводом из одного металла. Лапки все равно сокращались! «Если это происходит и при одном металле, значит, источник электричества находится в животном!» — утверждал Гальвани.

«Отнюдь! — возражал Вольт. — Даже единый кусок проволоки нельзя считать абсолютно однородным. В нем могут быть примеси. Он может быть по-разному закален по длине». И показывал электричество, которое рождалось вообще без участия животных, из одних лишь разнородных металлов... Вольт назвал его «металлическим электричеством».

Весь мир физиков разделился на два лагеря. Одни поддерживали Гальвани и назывались сторонниками гальванизма. Другие придерживались взглядом Вольты. И трудно сказать, чем бы закончился этот спор в XVIII веке, однако Гальвани из поединка выбыл.

В 1796 году в Северную Италию под предлогом войны с Австрией вторглись французские войска под командованием генерала Бонапарта. Французы предполагали разгромить австро-сардинские войска, двинуться на Австрию и захватить Вену. Италия была им нужна как источник продовольствия, денег и удобный путь на Балканы.

Захватывая территорию, французская администрация перекраивала страну. Болонья вошла в состав новой Цезальпинской республики. Все профессора университета должны были принести присягу на верность новому правительству. Подавляющее большинство так и сделало. Те же, кто не сумел вовремя «проявить гибкость», были уволены. Остался без работы и Гальвани, который не смог заставить себя принести присягу на верность новому политическому строю. Потеряв за несколько лет до этого жену, брошенный учениками, он остался совсем одиноким, без средств к существованию. Говорили даже, что он терпел нужду и на шестьдесят первом году жизни умер от истощения. Другими словами — от голода, увы. И это тоже отнюдь не исключительный случай, когда общество забывает тех, кто весь свой талант, счастье и саму жизнь приносил на алтарь науки во имя людей.

Ошибался ли Гальвани в своих взглядах на «животное электричество»? Ни в коем случае! Итальянский ученый по праву считается одним из основоположников учения об электричестве. И его опыты с «животным электричеством» составляют фундамент нового научного направления — электрофизиологии, изучающей электрические явления в живом организме. Электрические процессы лежат в самой основе жизни. Тут и возбуждение нейронов, например в процессах зрения, и передача нервного импульса, электрические процессы в мозге — энцефалография, и так хорошо знакомое нашему веку

электрическое исследование работы сердечной мышцы — электрокардиография... Нет, лягушки болонского профессора, как и собаки Павлова, вполне заслужили памятник. А сам Луиджи Гальвани навсегда останется в памяти человечества.

Прав был и Вольта. Ибо сегодня нам хорошо известно понятие контактной разности потенциалов. Именно в результате контакта разнородных металлов возникает электродвижущая сила, и это явление используется в технике.

Глава 6

Химическое электричество

Великое изобретение Алессандро Вольты

Однако пришло время более подробно познакомиться со вторым героем баталии по поводу «животного электричества», а именно с Алессандро Вольтой.

Недалеко от Милана, у городка Комо, лежит деревня Камнаго. Здесь находилось родовое имение семейства Вольта. В 1745 году на рассвете в господском доме увидел мир хилый младенец, нареченный отцом-капелланом именем Алессандро.

У аристократической четы, состоящей из Филиппе Вольты и Маддалены де Конти Инзаи, было семеро детей. Алессандро считался самым «неудачным». Он был слаб здоровьем и сильно отставал от своих сверстников в развитии. Кроме того, он был упрям. Отданный на воспитание почтенной женщине — супруге мастера физических приборов, мальчик до четырех лет не произносил ни слова. И окружающие уже приготовились считать его немым. Как вдруг маленький Алессандро заговорил...

Некоторые биографы уверяют, что первым словом, которое он выпалил, было отрицание: «Нет!» Ну что ж, «*se non e vero, e ben trovato*», — как говорят сами итальянцы («если это и неправда, то все же хорошо придумано»).

По-видимому, в доме своей ранней наставницы будущий физик познакомился впервые и с физической аппаратурой. И как это часто бывает, впечатления детства определили направление всей жизни. Ему еще не было и восемнадцати лет, когда, поставив ряд опы-

тов по электричеству, он пришел к выводу, что многие из результатов можно объяснить законами Ньютона. Окрыленный этой идеей, он написал письмо «самому аббату Нолле» во Францию. Тот ответил, одобряя начинания молодого человека.

Это одобрение послужило немалым стимулом для Вольты. В двадцать четыре года он написал диссертацию, основанием которой послужили опыты с лейденской банкой. А через десять лет стал профессором физики в университете города Павии.

Вольта увлекся экспериментированием. Недюжинный изобретательский талант позволяет ему совершенствовать свои и чужие «придумки», доводить их до такого изящества, которое вызывало восхищение бедного на физические приборы времени. Так, усовершенствуя смоляной прибор Эпинуса, предназначенный для изучения электрической индукции, Вольта изобрел электрофор, что означало в буквальном переводе «электроносец». Сегодня может показаться удивительным, насколько он прост: смоляная лепешка и металлический диск со стеклянной ручкой. Да еще нужна была шкура кошки. Шкурой натиралась смоляная лепешка и заряжалась при этом отрицательно. В поднесенном медном диске, на стороне, обращенной к смоле, возникало в результате индукции положительное электричество. На стороне противоположной — отрицательное. Этот излишек отрицательного электричества можно было легко отвести в землю. И диск полностью оказывался заряженным положительно. Теперь этот заряд можно было переносить и переводить на другие тела или отправлять в лейденские банки. А сам диск, приблизив к натертой смоле, вновь зарядить...

Нехитрый прибор вызвал восторг среди экспериментаторов. Многие пытались усовершенствовать его и дальше. И в конце концов электрофор Вольты дал в руки исследователей электрофорную машину.

А Вольта тем временем изобрел очень чувствительный соломенный электроскоп и сделал ряд выдающихся изобретений в области химии. Все обширнее становилась его переписка. Вольта много путешествовал, знакомился с выдающимися учеными своего времени. Научные общества наперебой избирали его своим членом. Еще бы: богатый, знатный, хорошо образованный, в детстве без труда получивший все то, что выходцам из низов приходилось выбивать себе в зрелом возрасте, тратя на это и силы, и время.



Алессандро Вольта
(1745—1827)



Электрофор Вольты

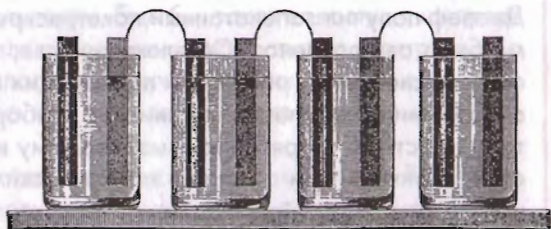
Современники утверждают, что Вольта был высок ростом и хорош собой. Правильное античное лицо его освещалось спокойным взглядом красивых глаз. Говорил он просто и ясно. При необходимости легко переходил к красноречию, но оставался всегда скромным и делал это необыкновенно изящно. Его речь и манера говорить отличались искренностью и убеждали собеседников даже раньше, чем те вникали в содержание его слов. В Фернее он беседовал с Вольтером, в Англии виделся с Пристли, во Франции — с Лавуазье и Лапласом...

Трактат Гальвани поразил Алессандро. И первое время, проверяя все описанные соотечественником опыты, Вольта был вполне на стороне болонского профессора. Однако большой собственный опыт экспериментирования мешал ему полностью признать позиции Гальвани. А тут еще как-то попалась ему книжка швейцарского врача Жан-Жака Зюльцера, который писал: «Если два куска металла, один оловянный, другой серебряный, соединить таким образом, чтобы оба края их были на одной плоскости, и если приложить их к языку, то в последнем будет ощущаться некоторый вкус, довольно похожий на вкус железного купороса, в то же время каждый кусок металла в отдельности не дает и следа этого вкуса...»

Но ведь такой же вкус производит и действие электричества. Это Вольта знал хорошо.

И вот он поставил «решающий эксперимент»: четырех своих помощников он водрузил на смолу, чтобы изолировать от земли. Первому из стоящих велел взять в мокрую правую руку цинковую пластинку, а левой коснуться языка своего соседа. Тот, в свою очередь, должен был мокрым пальцем коснуться глазного яблока следующего. Третий и четвертый держали в руках свежепрепарированную лягушку. И кроме того, у четвертого в свободной мокрой руке была зажата серебряная пластинка... Когда серебро касалось цинка, язык второго ощущал кислый вкус, в глазу у третьего вспыхивало

Первый
вольтов столб



световое пятно, лапки лягушки между третьим и четвертым начинали дергаться...

Прекрасный результат! Разве не доказывает он, что никакого «животного электричества» не существует? Все дело в контакте разнородных металлов...

Старая истина гласит, что если своего идейного противника нельзя убедить, то надо постараться его пережить. Вольта так и сделал. После смерти Гальвани количество сторонников «животного электричества» резко пошло на убыль. Но главный удар по гальванизму был впереди.

Предоставим слово современнику той поры — известному французскому ученому Араго, написавшему биографию Вольты: «В начале 1800 года вследствие теоретических соображений знаменитый профессор придумал составить длинный столб из кружков: медного, цинкового и мокрого суконного. Чего ожидать заранее от такого столба? Это собрание, странное и, по-видимому, бездействующее, этот столб из разнородных металлов, разделенных небольшим количеством жидкости, составляет снаряд, чуднее которого никогда не изобретал человек, не исключая даже телескопа и паровой машины». Эти слова не были преувеличением. Я уже рассказывал, какое впечатление на ученых произвело изобретение лейденских банок. «Но банка действует только один раз, — продолжает Араго, — после каждого удара ее надобно снова заряжать: столб же, напротив, действует непрерывно. Итак, столб есть лейденская банка, сама собою заряжающаяся... Я осмелился бы сказать, что вольтов столб есть чудеснейший снаряд из всех человеческих изобретений». Так заканчивает Араго свое описание.

20 марта 1800 года профессор естественной философии Алессандро Вольта отправил письмо президенту Лондонского королевского общества сэру Джозефу Бэнксу, баронету. Путь от Павии до Лондона неблизкий, а почтовые кареты по дорогам Европы катились неспешно. Поэтому точно сказать, когда послание прибыло в столицу Британского королевства, трудно. Но в конце концов сэр

Джозеф получил запечатанный пакет, вскрыл его и прочитал. Письмо было озаглавлено: «Об электричестве, возбуждаемом простым соприкосновением различных проводящих веществ», а главным его содержанием являлось описание «...прибора, сходного по эффектам, то есть по сотрясению, вызываемому в руках и т. д., с лейденскими банками или с такими электрическими слабо заряженными, но непрерывно действующими батареями, где бы заряд после каждого взрыва восстанавливался сам собой...»

Хотя президент общества являлся доктором юридических наук и членом королевского тайного совета, а главным событием в его жизни было кругосветное путешествие, совершенное с капитаном Куком, и главной заслугой считалось основание Африканского общества, он не был чужд и проблем естествознания, волновавших его современников.

Не очень разобравшись в излагаемых Вольтой проблемах, сэр Джозеф показал письмо друзьям — лондонскому врачу сэру Энтони Карлейлю и бывшему чиновнику Ост-Индской компании, инженеру и любителю естествознания Уильяму Никольсону.

Весна способствует осуществлению творческих планов. 30 апреля Никольсон и Карлейль соорудили по описаниям Вольты столб из семнадцати пластинок и сразу же принялись за опыты. Налив каплю воды в углубление цинковой пластинки для осуществления лучшего контакта с проволокой, экспериментаторы заметили, что, когда цепь замыкалась, в воде появлялись пузырьки. Никольсон понюхал и сказал, что похоже на запах водорода. Он взял стеклянную трубку, налил в нее свежей ключевой воды и заткнул пробками, сквозь которые пропустил латунные проволоки. Затем присоединил обе проволоки к противоположным полюсам вольтова столба. И тотчас от конца одной из проволок побежали в воде пузырьки газа, а вторая проволока на глазах стала темнеть и покрываться налетом. Непонятно, но интересно. Джентльмены смешали полученный газ с равным количеством воздуха и подожгли. Раздался взрыв... Водород! Безусловно водород. Ведь это один из газов, входящих в состав воды.

26 июня того же года, несмотря на лето, сэр Джозеф Бэнкс на собрании членов общества огласил письмо Вольты. А Карлейль с Никольсоном продемонстрировали опыт по разложению воды. Их работа произвела сенсацию. Ученые и до того знали о возможности разложения воды электрической искрой. Но здесь процесс шел непрерывно! А сделать «снаряд» Вольты было так просто!..

С быстротой молнии разлетелась новость по научным кругам Европы. Все уважающие себя физики принялись за сооружение воль-

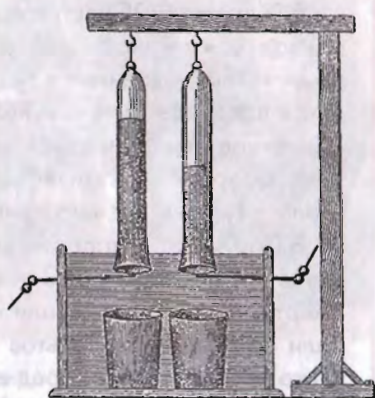
товых столбов и за их испытание. Еще бы, такая новость — «снаряд» итальянского изобретателя непрерывно вырабатывал электричество совсем не так, как это делали электрические машины. Там его нужно было накапливать, а здесь оно тихо текло и текло непрерывным потоком.

В сентябре того же года мюнхенский физик Иоганн Вильгельм Риттер сообщил, что выделил из воды оба газа по отдельности: кислород и водород — и что из медного купороса с помощью итальянского снаряда легко осаждается медь.

Экспериментаторы писали о разложении с помощью электричества многих растворов солей с выделением металлов на отрицательном полюсе вольтова столба.

20 октября 1800 года князь Дмитрий Алексеевич Голицын, чрезвычайный русский посланник в Гааге, написал на имя президента Петербургской академии наук Генриха Людвига Николаи письмо. В нем он сообщал: «Гальванисты открыли весьма любопытное электрическое явление. Цинковые и серебряные пластинки, положенные попеременно друг на друга и отделенные друг от друга слегка смоченной фланелью, производят толчок и даже электрические искры». Сам Николаи не интересовался физикой. Но письмо нашло своего адресата. Потому что ровно через год произошло в русской столице событие, о котором сохранилась запись в «Санкт-Петербургских ведомостях» за 1 октября 1801 года. В них сообщалось, что на заседании конференции Академии наук вице-президент Берг-коллегии и член Лондонского королевского общества граф Аполлос Аполлосович Мусин-Пушкин, известный своими трудами в области химии, минералогии и физики, показал немало «куриозных опытов с вольтовым столбцом, состоявшим из 150 элементов». По тем временам это была весьма внушительная батарея. Присутствовавшие немало дивились искусству экспериментатора...

Осенью 1800 года профессору Алессандро Вольте пришло приглашение из Парижа прочесть курс лекций перед виднейшими физиками Франции. И Вольты, весьма сочувственно относившийся



Прибор Риттера для разложения воды

к политическим взглядам Бонапарта, немедленно решил ехать. Путь от Павии до Парижа не слишком длинен. Но эта поездка превратилась в сплошной триумф. Каждый город, в который он приезжал, стремился выразить ему свое восхищение. Ученых волновал вопрос: можно ли считать эффекты, производимые вольтовым столбом, собственно электрическими? Или, может быть, следует предположить существование еще одного нового вида «тихого электричества» от вольтова столба?

В Женеве в Обществе естествоиспытателей приезжий прочитал доклад о «тождестве гальванизма с обыкновенным электричеством». «Обыкновенным» в ту пору называли электричество, получаемое в процессе трения. А ведь были еще опыты с турмалином. Было «животное электричество» морских скатов и американских угрей, «атмосферное электричество». И теперь еще этот странный вольтов столб... Тут было от чего прийти в сомнение!

В Парижской академии наук создали специальную комиссию по изучению гальванизма. В нее вошли самые известные ученые. «Бессмертные» — так называли французы своих академиков — соорудили по описаниям вольтов столб и повторили все опыты итальянского исследователя перед его приездом. Погрузив один из концов «электродвигательного прибора» в воду и присоединив к другому его концу металлическую проволоку, академики совали руку в чашку с водой и одновременно прикладывали второй электрод к языку, к веку, к кончику носа или на лоб. В момент замыкания цепи следовал такой удар, что некоторые едва не лишались языка. Но... наука требует жертв. Ощущения были столь неожиданными! При наложении проволоки на веко создавалось впечатление вспышки. А когда два электрода от противоположных полюсов батареи вводили в уши, в голове раздавался шум... «Это было нечто вроде треска или лопанья, как если бы кипело какое-то масло или вязкое вещество», — писал сам Вольта. Он предполагал, что в дальнейшем его прибор сможет послужить медикам для излечения болезней. Другого применения гальваническому электричеству он не видел.

Четыре недели понадобилось триумфатору, чтобы добраться до Парижа. Встреча со знаменитостями превзошла все ожидания: было устроено торжественное заседание Академической комиссии, впрочем, правильнее ее называть специальной комиссией Национального института, поскольку после революции национальный конвент постановил упразднить все академии «как учреждения аристократического характера, позорящие науки и ученых». И 25 октября



Вольта объясняет действие электрического столба
первому консулу Наполеону Бонапарту в Париже

ря 1795 года Директория учредила Национальный институт наук и искусств, объединивший под своей эгидой представителей всех отраслей знаний. Членом института состоял и первый консул Бонапарт, который весьма гордился этим званием...

После заседания, на котором Вольта читал доклад о тождестве «обыкновенного электричества» и гальванизма, Бонапарт увидел в библиотеке института лавровый венок с надписью: «Великому Вольтеру». Первый консул снял его, стер окончание так, что получилась надпись: «Великому Вольте», — и протянул венок ученому.

Не было, кажется, таких наград, которые не получил бы в Париже итальянский исследователь. Наполеон оказывал ему такое подчеркнутое внимание, что это вызвало немалую ревность со стороны французских коллег. И Вольта, умный и дальновидный Вольта, заспешил домой.

В 1815 году он перешел в Падуанский университет, в котором принял пост директора философского факультета.

Последние годы своей жизни Вольта прожил скромно. Ничего существенно нового для науки не сделал. В 1819 году вышел в отставку и удалился на покой в родной Комо.

Вольта был не особенно силен в области теории. Тем не менее причины, вызывающие электрический ток в вольтовом столбе, он должен был объяснить. И он выдвинул так называемую контактную теорию, которая утверждала, что электрический ток возбуждается в результате контакта металлов. Достаточно одного лишь соприкосновения разнородных металлов, утверждал Вольта, чтобы родилась «электродвигательная сила», которая разделяет соединенные положительное и отрицательное электричества и гонит их в виде токов в противоположных направлениях...

Многие ученые видели недостатки этой слабой гипотезы. Многие пытались доказать, что электрический ток возбуждается в результате химических процессов в вольтовом столбе. Но должно было пройти более тридцати лет, понадобился приход в науку Фарадея, чтобы в этот вопрос была внесена ясность. Однако к тому времени итальянский исследователь Алессандро Вольта уже покоился в фамильном склепе на кладбище того же города, где и увидел свет.

«Огромная наипаче» батарея Василия Петрова

Профессор физики Петербургской медико-хирургической академии Василий Владимирович Петров возвращался с заседания конференции домой затемно. Недалекий сегодня путь от Васильевского острова до Выборгской стороны был в те годы сложным и долгим путешествием... Впрочем, дальняя дорога тоже имела свои преимущества. Под ровный цокот копыт и потряхивание извозничьих дрожек хорошо думалось. И к тому времени, когда под колесами экипажа застучали доски наплавного моста, ведущего на Выборгскую сторону, и заплескалась вода, Петров пришел к мысли о совершенной необходимости ходатайствовать перед своим начальством о постройке вольтова столба для нужд физического кабинета. Это было детище, созданное им самим из ничего и всей жизнью своею и славою обязанное ему, Василию Петрову...

«Никто не знает, как он выглядел. Его портретов не осталось, — так начинает свое эссе «Размышление перед портретом, которого нет» писатель Даниил Гранин. — Не сохранилось его писем, дневников, его личных вещей. Нет воспоминаний о нем. Есть только его труды. Есть его послужной список, всякие докладные записки, отчеты, отзывы — то, что положено хранить в архивах, тот прерывистый служебный след, какой остается от каждого служивого человека».

Это он, Василий Петров, создал небывалый до того физический кабинет для исследований при Медико-хирургической академии. Он написал замечательное сочинение, посвященное доказательству несостоятельности учения о флогистоне: «Собрание физико-химических новых опытов и наблюдений». И, не имея систематического образования, к сорока годам прошел путь от провинциального учителя до столичного профессора. Его имя, по выражению петербургского журнала «Северный вестник», было известно просвещенной публике, «ибо... он беспрестанно возвышает физику своими открытиями...». Да, батарея была Петрову необходима! Он даже знал, кому можно было заказать ее изготовление. Существовало в столице механическое заведение некоего Медхера, выдававшего себя за англичанина и поставлявшего физические приборы любителям и научным учреждениям Санкт-Петербурга. Оставалось добиться согласия начальства...



Василий Владимирович
Петров
(1761–1834)
Предполагаемый
портрет

Вряд ли стоит фантазировать, представляя себе хлопоты Петрова и его войну с администрацией. Все это, скорее всего, немногим отличалось от хлопот, требуемых и в наши дни для аналогичных целей. Важно, что в конце концов на длинном лабораторном столе физического кабинета водворился ящик с «вольтовым столбцом», составленным из шестидесяти элементов... Правда, с первых же экспериментов Петрова охватило чувство разочарования. Он мог только повторять уже известные опыты Вольты и других экспериментаторов. К этому времени «итальянские снаряды» появились в домах и частных лабораториях множества любителей науки. И каждый день приносил сообщения о новых открытиях.

С помощью своей батареи Петров повторил опыты по разложению воды, осадил медь из медного купороса. Попробовал произвести электролиз винного спирта. Ну а дальше? Может быть, если бы удалось построить более мощную батарею, электрическая сила ее расщепила бы и другие вещества? И тогда он, Василий Петров, узнает, из чего они состоят...

Так возникла у него мысль о другой батарее, значительно более мощной, чем у Медхера. И Василий Владимирович взялся за ее реализацию. По делам организации физического кабинета медико-хирургической академии ему пришлось поехать в Москву. Там, в Лефортове, на берегу Яузы, в усадьбе Бутурлина, находилась му-



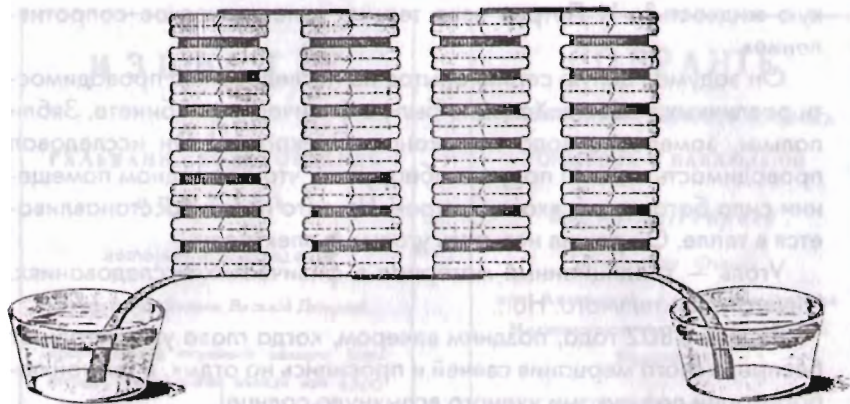
Санкт-Петербург — научная столица России

зейная коллекция редких физических приборов, собранных ее владельцем во время поездок по Европе. Хозяина усадьбы уже не было в живых. Наследники же запросили двадцать восемь тысяч рублей. Сумма огромная — не по средствам академии. Но как хотелось-то... Петров предпринял титанические усилия и добился санкции самого императора Александра I на покупку.

А в это время в Санкт-Петербурге по записке Петрова перестраивалось здание для физического кабинета. В нем должны были быть нескоряемый пол и плавильная печь, темная комната для оптических экспериментов и приспособления на потолке для подвешивания предметов на шелковых нитях. Он требовал устройства вентилятора в особом «театре для физики» и ледника, балкона для проведения опытов на открытом воздухе и комнаты с эллиптическим водоемом... Короче говоря, это должен был быть кабинет, предназначенный не для хранения научной аппаратуры, а для исследовательской работы. Такого новшества еще не знала отечественная наука.

Но вот все, кажется, готово. Плотники сколотили и принесли четыре ящика общей длиной в двенадцать метров. Петров сам покрыл их внутренние стенки сургучным лаком, уложил четыре тысячи двести металлических кружков, проложив между каждой цинково-медной парой бумагу, пропитанную нашатырем. Две тысячи сто элементов! Такой батареи не было еще ни у кого из исследователей во всем мире!

При этом Петров работал в одиночку, без помощников. По сегодняшним представлениям напряжение его батареи равнялось



Разделенный вольтов столб

примерно 1700 В. Она могла давать довольно большой ток и... быть опасной. Ведь в ту пору почти не существовало никаких измерительных приборов, кроме ненадежных электроскопов да собственных пальцев экспериментатора. Петров срезал с них кожу, чтобы усилить чувствительность. А тут — 1700 В!

Знал ли он о грозной силе, дремлющей в длинных ящиках, поставленных на деревянный лабораторный стол? Возможно, и не знал. Но интуиция ученого-экспериментатора должна была подсказывать ему о ней.

Все приходилось делать своими руками. Он «свивал серебряную кнпель для получения шурка в одну лишь линию толщиной», подбирал проводники и покрывал их изобретенной тут же изоляцией из сургучного лака с воском.

Еще не было понятия о напряжении и силе тока, никто не говорил о сопротивлении. Ни Ом, ни Кирхгоф еще не вывели своих фундаментальных законов, а Петров опытным путем пришел к параллельному соединению сначала проводников, а потом и потребителей «электрической силы».

Он произвел электролиз серного и селитряного эфиров, мятного и гвоздичного масел и обнаружил в составе всех этих жидкостей кислород, потому что электроды батареи при проведении опытов окислялись. Под стеклянным колпаком воздушного насоса он наблюдал явление тлеющего разряда. А погрузив электроды в масло, следил за возникновением искр, которых никогда не бывало в воде. Не значит ли это, что масло хуже проводит электричес-

кую жидкость?.. И Петров ввел термин «электрическое сопротивление».

Он задумал целую серию опытов по исследованию проводимости различных веществ. Холодно было в физическом кабинете. Зябли пальцы, замерзала вода в стаканах. Прекрасно! Он исследовал проводимость льда. И попутно обнаружил, что в холодном помещении сила батареи иссякает быстрее. Но зато потом восстанавливается в тепле. Он решил испытать угольные электроды.

Уголь — традиционный материал в физических исследованиях. Ничего удивительного. Но...

Весной 1802 года, поздним вечером, когда глаза уже устали от непрерывного мерцания свечей и просились на отдых, в темной лаборатории под руками ученого вспыхнуло солнце!

«Если на стеклянную плитку или скамеечку со стеклянными ножками будут положены два или три древесных угля, способные для произведения светоносных явлений посредством гальвани-вольтовой жидкости, и если потом металлическими изолированными направлениями, сообщенными с обоими полюсами огромной батареи, приближать оные один к другому на расстояние от одной до трех линий, то является между ними весьма яркий, белого цвета свет или пламя, от которого оные угли скорее или медлительнее загораются и от которого темный покой довольно ясно освещен быть может».



Электрическая дуга
между двумя углями

Одна — три линии — это 2,5—7,5 мм. Расстояние пустячное, а ослепительное пламя, вспыхнув, раздулось солнечным лучом, зашипело и ударило в темные окна, вызвав страх у случайного прохожего. Что за свет? Откуда свет? Почему «гальвани-вольтовая жидкость» из батареи превращается в огонь?.. Все эти вопросы, несомненно, возникали у первооткрывателя электрической

дуги и требовали объяснения. А что он мог ответить на них? Нам сегодня может показаться: подумаешь — открытие! Источник электричества — под руками, нужно только сдвинуть угли... Жестокое заблуждение! Во-первых, батарея была хоть и велика, но очень ненадежна. Во-вторых, угли — обыкновенные древесные угли — далеко не лучшие электроды для дуги. И в-третьих, наконец, сама дуга была

ИЗВѢСТІЕ

ГАЛЬВАНИ--ВОЛЬТОВСКИХЪ

ОПЫТАХЪ,

которые производилъ

Профессоръ Физики Василій Петровъ.

посредствомъ огромной гальванической батареи, состоявшей изъ 4200 медныхъ и цинковыхъ кружковъ, и находящейся при Санкт-Петербургской Медико-Хирургической Академии.

ВЪ САНКТ ПЕТЕРБУРГѢ,

Въ Типографіи Государственной Медицинской Коллегіи 1803 года.

СОБРАНИЕ

ФИЗИКОХИМИЧЕСКИХЪ НОВЫХЪ

ОПЫТОВЪ И НАБЛЮДЕНІЙ

Василія Петрова,

Профессора Физики

при Академіяхъ Санктпетербургской
Медикохирургической и свободныхъ
Художествъ.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ВЪ САНКТ ПЕТЕРБУРГѢ,

Въ Типографіи Государственной Медицинской Коллегіи, 1801 года

Титульные листы научных трудов В. В. Петрова

очень капризным явлением. Чтобы заставить ее гореть от первой проскочившей искры, нужно было обладать величайшим мастерством экспериментатора.

Быть первым всегда и везде сложно. Сделать первый шаг в науке, опережая все человечество, не просто трудно. Он возможен только в результате упорной работы, работы порой опасной, часто без поддержки... В общем, это настоящий подвиг — жизнь ради прогресса, жизнь для людей. Не забудьте, пожалуйста, и того, что происходило все то, о чем я сейчас пишу, в век свечи и лучины, когда электрические опыты рассматривались как «куриозные явления», не имевшие в большинстве своем никакого объяснения.

Открытие Петрова не привлекло большого внимания. А описание опыта, изложенное в «Известиях Академии» на русском языке, скорее всего, осталось неизвестным большинству европейских ученых. Совсем иная судьба у повторившегося открытия той же дуги в Англии. Несколько лет спустя очень удачливый и, безусловно, талантливый ученый Гемфри Дэви, чьим учеником потом станет Майкл Фарадей, независимо от Василия Петрова обнаружил то же явление и продемонстрировал его коллегам по Лондонскому королев-

скому обществу. Вот тут недостатка во внимании и восхищении не было...

В характере Василия Владимировича Петрова поражает не только бескорыстие, но и полнейшее отсутствие всякого тщеславия — черты весьма распространенной для его времени. А он, узнав о повторении своего открытия Дэви, ни словом даже не обмолвился о приоритете. Может быть, он худо владел иностранными языками и не мог свободно изъясняться? Отнюдь. Современники утверждают, что Петров одинаково хорошо знал латынь, немецкий, английский и французский языки — читал, писал и говорил. Правда, иноземцев, как и Ломоносов, Василий Владимирович не жаловал, больно много их было вокруг в столице, да все с привилегиями, да все хотели, чтобы их считали умнее... Может быть, поэтому все свои статьи писал он только на русском языке. И его труд «Известия о гальванивольтовых опытах, которые производил профессор физики Василий Петров, посредством огромной наипаче батареи, состоявшей иногда из 4200 медных и цинковых кружков и находящейся при Санкт-Петербургской медико-хирургической академии» явился едва ли не первой научной работой по электричеству, написанной на русском языке.

По отзывам современников, Петров был не только великолепным лектором, но и талантливым учителем, профессором-руководителем. Он оставил после себя учеников, ставших гордостью нашей науки. Сам же Василий Владимирович по праву считается первым русским электротехником и примером для тех, кто идет нелегким путем служения науке и своему народу.

Петров был ученым-профессионалом, и вся его жизнь, все его интересы связывались с наукой и научной деятельностью. Я думаю, что он был чужд мизантропии — свойства в общем-то мало распространенного среди русских людей. И наверное, втайне страдал, наблюдая безразличие окружающих к своим трудам. Не зря же в конце описания опытов поставил он скромную, но весьма знаменательную фразу: «Я надеюсь, что просвещенные и беспристрастные физики, по крайней мере некогда, согласятся отдать трудам моим ту справедливость, которую важность сих последних опытов заслуживает...»

«Электрические» работы в России

Исследования Василия Владимировича Петрова побудили многих русских исследователей обратиться к опытам с электричеством. Одна за другой в печати появляются интересные работы. Тут и дис-

сертация Александра Воинова о молнии и громе, и рассуждение Василия Телепнева «о способах возбуждения электричества в телах», и компиляционный труд Афанасия Стойковича «О соломенных и разных других отводах молнии и града». Были работы и других авторов. Не все они оказывались равноценными, немало в них встречалось наивных утверждений. Но уже само обилие работ говорит о том, что русская научная мысль начала XIX века шла в ногу с изысканиями европейских ученых.

В 1803 году в Санкт-Петербурге из-под печатного пресса вышла очень любопытная книга, озаглавленная «Краткие и на опыте основанные замечания об электрицизме и о способности электрических машин к помоганию от различных болезней», принадлежащая перу первого русского агронома и писателя Андрея Тимофеевича Болотова.

Эту работу можно еще вполне отнести к «догальваническому» и «довольтовскому» периоду. Болотову было в ту пору уже шестьдесят пять лет. Познакомившись с действием лейденской банки, он увлекся идеей лечения различных болезней с помощью электрического «потрясения». Это был едва ли не последний отголосок всеобщего увлечения лечением электричеством, которое переживала Европа в середине XVIII столетия. Тогда врачи ожидали от новых методов лечения чуда.

Идея применения электричества против нервных болезней уходит в глубокую древность. Есть сведения, что и римские врачи высказывали мнение о полезности ударов животного электричества. Еще в середине XVIII столетия многие видели в электричестве панацею от всех болезней. Но по прошествии полувека мода на него прошла. И работа Болотова внимания на себя не обратила. С работами же В. В. Петрова Болотов, скорее всего, знаком не был.

Можно отметить, что в своей работе Андрей Тимофеевич большое внимание уделял построению «электрических машин вообще и устроению простейших особенно». Он дал конструкцию своей электрической машины, получающей электричество трением, подробно описал ее, «чтобы в случае оказавшейся полезности можно было по примеру моему многим и у себя дома, без прибежища к машинистам, а при помощи простейших мастеровых, как, например, столяра и слесаря, их делать и без больших издержек снабжать себя оными».

В 1818 году основатель Харьковского университета Василий Назарович Каразин, человек беспокойного просветительского склада характера и выдающийся общественный деятель, написал мемуары «О возможности приложить электрическую силу верхних

слоев атмосферы к потребностям человека». Он предлагал поднимать на аэростатах «электроатмосферные снаряды», которые собирали бы там электричество и доставляли его на землю для практического использования.

В ту пору Каразин жил у себя в поместье Кручик в Харьковской губернии. Со свойственной ему страстностью и энергией предавался он научным занятиям и опытам. У него в имении были прекрасная библиотека, химическая лаборатория и метеорологическая станция, на которой он в течение десятков лет вел наблюдения. Тут же рядом располагалось опытное поле, с делянками, засеянными различными сортами пшеницы. Вообще, надо сказать, это был удивительный, интереснейший человек, каких немало в русской истории. Жизнь его — настоящий роман...

Понимая, как нужны удобрения для повышения урожайности почв, Каразин задумался над способом извлечения азотистых соединений из воздуха электрическим путем. Он хорошо представлял себе ничтожность силы существующих источников — вольтовых столбов. И посему решил поставить на службу человеку молнию.

Составив свой проект, Каразин подал его на высочайшее рассмотрение. Бумаги попали на отзыв в Академию наук. Там должным порядком они прошли рецензирование. Проект Каразина рассматривали в Академии, но никто не нашел в поданных предложениях ничего достойного внимания. И лишь Петров написал положительный отзыв...

К сожалению, ни наука, ни тем более техника не готовы были к принятию подобных идей.

Рождение электротехники

Рождение электротехники началось с изготовления первых гальванических элементов — химических источников электрического тока Алессандро Вольтой.

Рассказывают, что при раскопках египетских древностей археологи обратили внимание на странные сосуды из обожженной глины с изъеденными металлическими пластинами в них. Что это?.. «А уж не банки ли это химических элементов?» — пришла кому-то в голову «сумасшедшая» мысль. Но так ли она безумна? Ведь получение постоянного электрического тока химическим путем действительно очень просто. Соленой воды на Земле хоть отбавляй, как и необходимых металлов — цинка и меди. Вместо меди можно было применять серебро и золото... Но оставим эти догадки фантастам.

Первые элементы имели один общий недостаток. Они давали ток лишь несколько минут, затем «требовали отдыха». Почему это про-

исходило, никто сначала не понимал. Но с такими «быстроутомляющимися» источниками нечего было и думать затевать какую-то промышленность. И потому усилия исследователей сконцентрировались на проблеме продления работоспособности химических элементов. Их было много — изобретателей новых источников электрического тока. И каждый, патентуя свое детище, давал ему собственное имя.

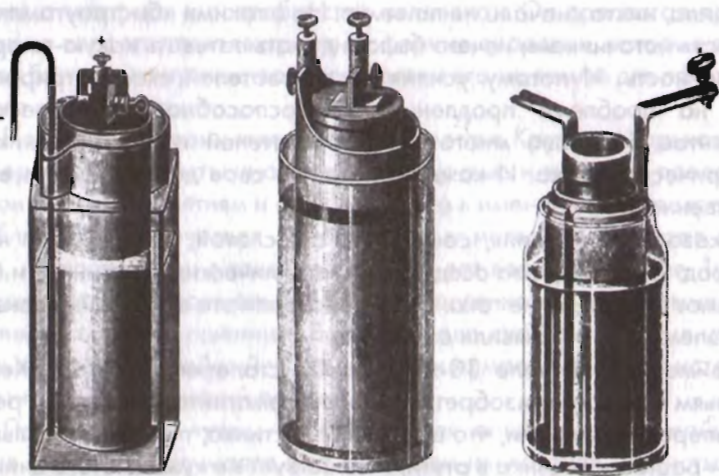
Оказалось, что цинк, соединяясь с кислотой, вытесняет из нее водород. Пузырьки газа оседают на металлических пластинках и затрудняют прохождение тока. Физики назвали это явление поляризацией элементов и объявили ему войну.

Примерно в начале 30-х годов XIX столетия англичане Кемп и Уильям Стёрджен (изобретатель электромагнита, о котором речь еще впереди) выяснили, что цинковая пластинка, покрытая амальгамой — раствором цинка в ртути, — действует не хуже чистого цинка, но при этом не растворяется в кислоте, когда элемент не работает, то есть когда он не дает тока. Это стало существенным достижением. Следом за ними французский физик, основатель ученой династии Антуан Сезар Беккерель высказал мысль, что хорошо бы попробовать опускать пластинки в разные сосуды так, чтобы выделяющийся водород тут же химически соединялся с кислородом, образуя воду. Идея понравилась. Но как ее реализовать? Изобретатели всех стран принялись за опыты. И надо прямо сказать, что если в XVIII веке едва ли не каждый образованный человек строил электрические машины, чтобы добывать таинственную силу электричества трением, то теперь всякий исследователь считал своим долгом подарить миру и человечеству новый химический элемент.

На первом этапе наибольший успех выпал на долю профессора химии Лондонского королевского колледжа Даниэля. В стеклянную банку с медным купоросом он поместил согнутый в цилиндр металлический лист. Внутри вставил глиняный сосуд с пористыми стенками, заполненный разбавленной серной кислотой. В кислоту был помещен цинк. Водород проходил через поры глиняного сосуда, вытеснял медь из купороса. Несколько синих кристалликов, брошенных на дно банки, пополняли убыль меди...

Поляризация была побеждена! Однако у элемента Даниэля нашлись другие недостатки. Так, он имел пониженную электродвижущую силу. Часть электрической энергии тратилась внутри самого элемента на разложение медного купороса.

Соотечественник Даниэля Уильям Грове решил заменить медный купорос азотной кислотой. А чтобы она не разъедала медный электрод, заменил медь платиной... Все получилось в соответствии с ожи-

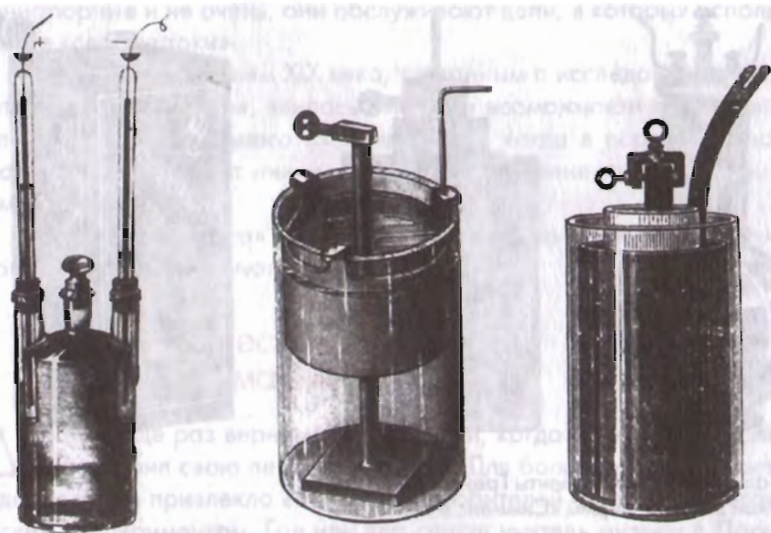


Гальванические элементы Лекланше и Даниэля

даниями: электродвижущая сила возросла. К сожалению, возросла и стоимость такого источника тока: платина — металл дорогой. Правда, Грове и его последователи делали электроды из тончайших листков, согнутых для прочности буквой S. Несмотря на высокую стоимость, элементы Грове нашли довольно широкое распространение в лабораториях многих стран.

Сегодня может показаться странным, что никто не додумался заменить платину углем. Принципиальная возможность такой замены была уже известна. Но тут мы не учитываем уровня технологии начала XIX столетия. Тогда никто не умел делать плотных углей. А обычный древесный уголь слишком пористый. Прошло несколько лет, прежде чем немецкий химик Роберт Бунзен описал способ изготовления угольных стержней из прессованного молотого графита, который выделялся при сгорании светильного газа на раскаленных стенках реторт. Стержни стали прекрасным заменителем платины.

Элемент Бунзена приняли «на ура» не только лаборатории физики, но и первые электротехнические предприятия (в частности, по гальванопластике). И это несмотря на то, что при работе элемент Бунзена выделял немало удушливых паров азотной кислоты. Иоганн Поггендорф заменил азотную кислоту хромовой, не выделявшей вредных испарений. Но ее производство было довольно дорогим делом.



Гальванические элементы Грове, Калло и Бунзена

Изобретатели старались вовсю. На страницах научных журналов одно за другим появлялись описания все новых и новых элементов. Ими занимались специалисты, ими занимались любители, ими занимались... В качестве курьеза можно упомянуть, что последний французский император Наполеон III, прежде чем навсегда подарить свою корону Республике, тоже «осчастливил» мир конструкциями двух источников электрического тока.

Впрочем, во второй половине XIX столетия химические источники тока стали изготавливать в специальных мастерских. Главный их потребитель — телеграф — требовал простоты устройства, дешевизны, устойчивости и надежности в работе. За все это телеграфисты соглашались на самые «слабые» токи.

Можно рассказать еще о многих более или менее удачных попытках изобретательства. Наибольший успех выпал на долю парижского химика Жоржа Лекланше. Он наполнил глиняную банку смесью перекиси марганца с кусочками угля из газовых реторт и поместил туда же прямоугольную угольную призму, которая должна была служить положительным электродом. Эта система заливалась сверху варом или смолой и вставлялась в стеклянную четырехугольную банку, заполненную раствором нашатыря, с цинковым электродом. При этом хлор из нашатыря (хлористого аммония), соединяясь с цинком, давал хлористый цинк. Аммоний распадался на раство-



Гальванические элементы Грене и Флейшера и сухой элемент фирмы «Симменс и Гальске»

ряющийся аммиак и водород. Вот тут-то и была ахиллесова пята этого превосходного элемента. Перекись марганца окисляла водород медленно и небольшими порциями. А выделение этого газа зависело от силы тока, который отбирается от элемента. Больше ток — больше выделяется и водорода. Водород же поляризует элемент, и последний быстро «устает». Правда, после некоторого «отдыха» он исправно работает снова. Однако лучше всего им было пользоваться при «малых токах» в телеграфии или в системе сигнализации, где между моментами работы существуют значительные перерывы.

Большое неудобство при использовании элементов Лекланше создавали стеклянные банки с жидкостью. Особенно сетовали на этот недостаток компании пассажирских перевозок. Океанские корабли снабжались сложной и разветвленной системой сигнализации, стараясь не уступать в этом отношении большим отелям. Но корабли подвергались качке... Сначала, чтобы не расплескать жидкость из элементов, банки с электролитом наполняли опилками, заливая сверху тем же варом. Но под такой «крышкой» образовывались газы, и элементы стали взрываться... Не скоро научились люди изготавливать «сухие элементы», ставшие в наше время такими обычными. Да, бесчисленные батарейки, работающие сегодня в самых разных электрических и электронных устройствах, не что иное, как многократно усовершенствованный и упрощенный «элемент Лекланше». Впрочем, наряду с ним работают и другие системы —

миниатюрные и не очень, они обслуживают цепи, в которых используются «слабые токи».

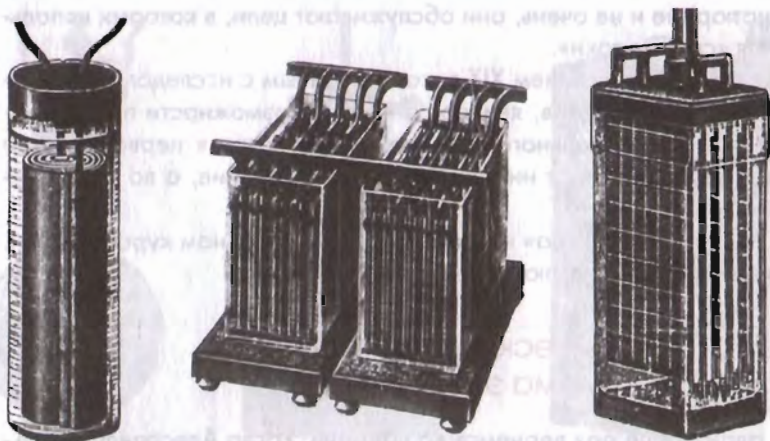
Великим достижением XIX века, связанным с исследованием работы тех же элементов, явилось открытие возможности последовательного и параллельного их соединения, когда в первом случае удавалось получить от них суммарное напряжение, а во втором — суммарный ток...

Сегодня эти «чудеса» изучают ребята в школьном курсе физики, и они никого не удивляют.

Электрические «консервы» и проблема энергоемкости

Давайте еще раз вернемся ко времени, когда Алессандро Вольта построил свою первую батарею. Для большинства это было чудо, которое привлекло еще больше любителей физики к электрическим экспериментам. Год или два спустя учитель музыки в Париже, некто Готеро, проводящий эксперимент по разложению воды на кислород и водород с помощью вольтова столба, обнаружил, что две золотые проволоочки нехитрого прибора, соединенные вместе по окончании опыта и приложенные к языку, дают такое же ощущение, как и батарея Вольты, только значительно слабее. Объяснить это незначительное явление никто не мог, да оно было и не очень-то впечатляющим. Но несколько лет спустя к его опыту вернулся немецкий фармацевт Иоганн Вильгельм Риттер, ставший позже за смелость мысли и широту взглядов членом Мюнхенской академии. Он построил столбик из сорока только медных кружков, проложенных суконками, которые были смочены подкисленной водой. Соединил полюса столбика с вольтовой батареей и через некоторое время убедился, что его конструкция зарядилась электричеством. Теперь вторичные, или заряжаемые, столбы привлекли к себе внимание многих. Тем более что имеющиеся гальванические элементы очень быстро утрачивали свою силу из-за поляризации. В 1839 году Грове изобрел газовый «вторичный элемент», который давал ток лишь после зарядки его от какого-нибудь постороннего источника. Однако из-за неудобства пользования «газовый элемент» Грове распространения не получил.

Примерно в 1859—1860 годах в лаборатории Александра Беккереля — второго представителя славной династии французских физиков — работал в качестве ассистента Гастон Планте. Молодой человек решил заняться совершенствованием вторичных элементов, чтобы сделать их надежными источниками тока для телеграфии.

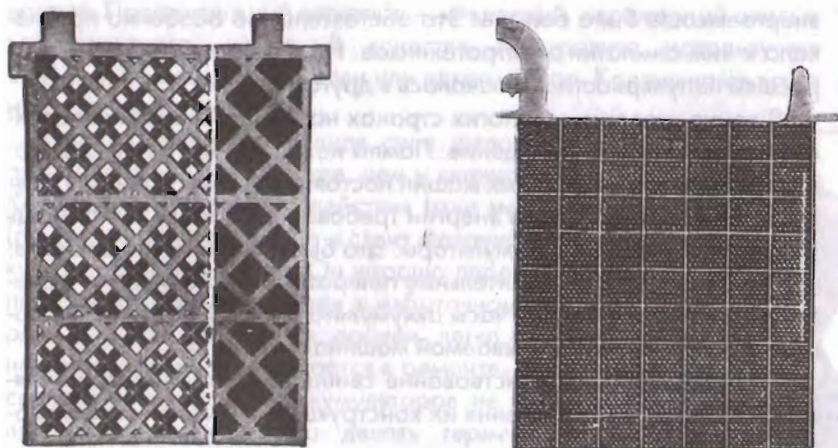


Аккумуляторы XIX века

Сначала он заменил платиновые электроды «газового элемента» Грове свинцовыми. А после многочисленных опытов и поисков вообще перешел к двум тонким свинцовым пластинкам. Он их проложил суконкой и навил этот «сэндвич» на деревянную палочку, чтобы он влезал в круглую стеклянную банку с электролитом. Затем подключил обе пластины к батарее. Через некоторое время «вторичный элемент» зарядился и сам оказался способен давать достаточно ощутимый постоянный ток. При этом, если его сразу не разряжали, способность сохранять электродвижущую силу оставалась в нем на довольно длительное время. Это было настоящее рождение накопителя электрической энергии, или аккумулятора.

Слово «аккумулятор» происходит от латинского *accumulator*, что означает «собиратель». В технике так называют устройства, позволяющие накапливать энергию с целью ее дальнейшего использования. При этом аккумулятор может быть не только электрическим. Самым простым видом можно считать сжатую или растянутую пружину, в которой запасается механическая энергия, или тяжелый маховик, раскрученный до большого числа оборотов и запасующий таким образом кинетическую энергию. На гидроаккумулирующих станциях избыток электроэнергии используется для подъема воды из нижнего резервуара в верхний. Есть пневматические аккумуляторы, тепловые и, наконец, электрические.

Первые электрические аккумуляторы Гастона Планте имели очень незначительную емкость, то есть запасали совсем немного электричества. Но соединив несколько банок последовательно, напряжение батареи можно было увеличить, а при параллельном их



Свинцовые пластины аккумуляторов разных конструкций

включении увеличивалась емкость. При этом ток прибора оказывался тем сильнее, чем большая поверхность пластин соприкасалась с раствором электролита.

Затем изобретатель заметил, что если заряженный первоначально прибор разрядить, затем пропустить через него ток в обратном направлении, да еще проделать эту операцию не один раз, то возрастает слой окисла на электродах и емкость вторичного элемента увеличится. Этот процесс получил название формовки пластин и занял у изобретателя Камилла Фора около трех месяцев...

Камилл Фор с юных лет увлекался техникой. Но он был беден и не получил образования. Вынужденный зарабатывать на жизнь, Камилл сменил множество специальностей. Был рабочим, чертежником, техником, химиком на английском пороховом заводе, работал и у Планте. Разносторонние практические знания сослужили самоучке добрую службу.

После Парижской выставки 1878 года Фору пришла идея нового способа формовки пластин. Он попробовал заранее покрывать их оксидом свинца, свинцовым суриком. При зарядке сурик на одной из пластин превращался в перекись, а на другой соответственно раскислялся. При этом слой окисла приобретал очень пористое строение, а значит, площадь его поверхности значительно увеличивалась. Процесс формовки протекал значительно быстрее. Аккумуляторы Фора при том же весе запасали значительно больше электрической энергии, чем аккумуляторы Планте. Другими словами, их

энергоёмкость была больше. Это обстоятельство особенно привлекало к ним симпатии электротехников. Но главная причина их возросшей популярности заключалась в другом...

В конце столетия во многих странах на улицах и в домах появилось электрическое освещение. Лампы накаливания питались энергией пока еще маломощных машин постоянного тока. Ранним утром и поздним вечером, когда энергии требовалось больше, на помощь машинам приходили аккумуляторы. Это было значительно дешевле, чем устанавливать дополнительные генераторы. Тем более что в спокойные дневные и ночные часы аккумуляторы могли заряжаться, поглощая излишки вырабатываемой машинами энергии.

Дальнейшее совершенствование свинцово-кислотных аккумуляторов шло по пути улучшения их конструкции и изменения технологии изготовления пластин.

Несмотря на широкое распространение, свинцовый аккумулятор — довольно капризное детище электротехники. Он требует очень чистого электролита. Аккуратные мотоциклисты и автолюбители это хорошо знают и доливают «банки» с электролитом только дистиллированной водой. Аккумулятор не терпит перегрузок. Если ток разряда чересчур сильный, пластины разрушаются. Не любит свинцовый аккумулятор перегрева, переохлаждения, глубокого разряда и частых перезарядов. Корпуса свинцово-кислотных аккумуляторов, изготовленные из стекла или пластмассы, хрупки. А кислотный электролит на зарядных станциях создает совершенно неприемлемую экологическую обстановку.

В 80-х годах XX столетия был предложен проект создания гигантского свинцово-кислотного аккумулятора весом более двух тысяч тонн. Предполагалось, что он займет площадь около пятой части гектара и будет предназначен для подключения к электросети в часы пиковой нагрузки. Проектная мощность — порядка сорока пяти мегаватт. Заряжать его можно в ночное время, когда потребление энергии падает.

Применение такого супераккумулятора позволило бы выровнять работу тепловых электростанций, особенно страдающих от неравномерности нагрузки, и дало экономию нефтяного топлива. Однако проект реализован не был.

Недостатки кислотных аккумуляторов еще на заре их развития заставляли изобретателей искать замену свинцу. Попыток было много. Большинство безуспешных. Удача выпала на долю Томаса Алвы Эдисона. После множества опытов американский изобретатель построил железо-никелевый щелочной аккумулятор, который широко используется в наши дни. В нем отрицательный электрод выполнен из пористого железа или кадмия с большой рабочей поверх-

ностью. Положительный электрод — никелевый, окруженный окисью трехвалентного никеля. В качестве электролита используется 20%-ный раствор едкого кали или едкого натра. Корпус чаще всего изготавливается из стали.

Правда, электродвижущая сила щелочного аккумулятора немного ниже, чем у свинцового. Коэффициент полезного действия тоже меньше (примерно в два раза). Да и стоит щелочной аккумулятор дороже. Но... Он хорошо переносит перегрузки. Нечувствителен к избыточному заряду и сильному разряду, прочен, легко переносит перегрев и не нуждается в ремонте. А поскольку из щелочных аккумуляторов не выделяются газы, их можно делать герметично закрытыми. Согласитесь, что преимущества впечатляющие.

Но не менее впечатляющи и недостатки. И прежде всего недостаточная емкость. Вот почему во всех промышленно развитых странах внимание многих научно-исследовательских коллективов направлено на разработку новых типов аккумуляторов и супераккумуляторов. Главная задача — повысить энергоемкость: увеличить количество запасаемой энергии на единицу веса аккумулятора.



Томас Алва Эдисон
(1847—1931)

На пути к супераккумулятору

Проблема создания энергоемких аккумуляторов приобретает особое значение в связи с бурным развитием транспорта. Автомобили пожирают запасы дорогостоящего горючего и загрязняют атмосферу. В 1898 году француз Ж. Шасслу-Лоба достиг на электромобиле скорости 63 км/ч. А через год гонщик К. Иенатци установил мировой рекорд скорости на суше — почти 160 км/ч на машине, снабженной аккумуляторной батареей массой около 2 т.

Между тем в Чикаго в начале XX века количество электромобилей примерно вдвое превосходило количество машин с бензиновыми двигателями. В чем же дело? Почему до сих пор автомобилестроители не перешли на экологически безвредную электроэнергию? Увы, главная проблема как раз и заключается в аккумуляторах. Ведь современный свинцово-кислотный аккумулятор весом пять с половиной килограммов, который стоит на автомобиле, способен на-

копить и удержать в себе столько энергии, сколько ее заключено... в рюмке бензина! Сорок литров бензина — емкость бака обычной легковой машины — по заключенной в них энергии эквивалентны энергии аккумуляторных батарей весом четыре с половиной тонны. А время заряда-заправки? Сорок литров бензина вы зальете за пять, ну, за десять минут. Перезарядка же аккумуляторов длится часами.

Электромобили не вписываются и в общий темп существующего дорожного движения. Они медленно разгоняются и трудно берут подъемы. Их максимальная скорость и дальность пробега между перезарядками аккумулятора незначительны. Так что пока эта техника, на радость нефтегазовым «королям», не конкурентоспособна.

Существуют серно-натриевые и хлорно-литиевые аккумуляторы с удельной емкостью раз в десять, а то и в двенадцать большей, чем у свинцово-кислотных аккумуляторов. Натрий — металл, обладающий высокими энергетическими свойствами. В рабочем состоянии и натрий и сера нуждаются в подогреве, чтобы перейти в расплавленное состояние. Их разделяет сосуд из пористой керамики, изготовленной на основе алюминия. Главное свойство сосуда — его способность пропускать только ионы натрия. Для ионов серы и для атомов обоих химических элементов керамическая мембрана — непреодолимый барьер. Таким образом, керамика играет роль как бы твердого электролита. Но хотя натрий и сера плавятся при температуре 97—119 °С, для успешного протекания электрохимической реакции их нужно нагреть до 300 °С, не меньше. Правда, серно-натриевый аккумулятор требует постороннего источника тепла только для начала работы. Потом необходимая температура поддерживается за счет тепла, выделяющегося в ходе химической реакции.

Серно-натриевый элемент дешев. Применяемые в нем материалы не дефицитны. Во время работы из него не выделяются газы, значит, его можно герметизировать. А если добавить к этому еще и простоту заряда, то может показаться, что решение проблемы у нас в кармане. Но попробуем перечислить и недостатки. Сера и натрий — огнеопасны. А перед работой аккумулятор необходимо подогревать. Едкие вещества легко разъедают герметическую оболочку. И натрий так активно соединяется с водой, что эта реакция подобна взрыву. Да и расплавленная сера при контакте с воздухом образует ядовитый сернистый газ. Так что, несмотря на герметичность, такой аккумулятор требует большой осторожности при эксплуатации.

Похож и хлорно-литиевый аккумулятор, удельная энергоемкость которого еще выше. Но у него серьезным недостатком является ядовитость хлора. А ну как прорвется он где-нибудь!.. Конечно, бензин тоже не такое уж безобидное вещество, особенно если поблизости есть открытый огонь. Но к свойствам бензина все привыкли. А вот к характеру натрия и лития, хлора и серы мы относимся пока насто-роженно.

Тем не менее созданы очень любопытные «электрические кон-сервы». Вот, например, литиево-никельгалоидный аккумулятор. В нем работает уже знакомый нам металл литий и неядовитое неор-ганическое фтористое соединение никеля. Этот аккумулятор не тре-бует подогрева, не выделяет газ, что позволяет сделать его полно-стью герметичным. Энергоемкость его — на уровне супераккумуля-торов, описанных выше, а процесс зарядки длится всего несколько минут. Прекрасно, не правда ли? Вот мощность его невелика. Но не будем забывать, что и современная техника сильно миниатюризи-ровалась...

Существуют воздушно-цинковые аккумуляторы, в которых кисло-род атмосферы окисляет цинковый анод. В них запас энергии опре-деляется количеством цинка, способного вступить в реакцию. Но у них пока мал срок службы. Идея использовать воздух в качестве одной из составляющих системы накопителя энергии очень заманчива, хо-тя реализовать ее нелегко.

Интересное и перспективное направление — разработка топ-ливных элементов. Правда, некоторые исследователи считают, что эти системы, занимающие промежуточное положение между галь-ваническими элементами и аккумуляторами, относятся скорее к элект-рическим машинам. Они их так и называют: электрохимические ге-нераторы (ЭХГ). В топливных элементах свободная энергия электро-химической реакции переходит непосредственно в электрическую энергию. Вот, например, как работает водородно-кислородный топливный элемент: газ водород поступает из баллона-термоса, где хранится в сжиженном состоянии, к отрицательному электроду-ка-тализатору. Здесь он ионизируется. Точно так же к положительному электроду поступает кислород. Ионы водорода проходят через ионообменную мембрану, соединяются с ионами кислорода. Обра-зовавшаяся в результате реакции вода — единственный «выхлоп» такого элемента-генератора. Заманчивая перспектива, не так ли? Тем более что в качестве топлива может применяться не только сжи-женный водород, но и другие вещества.

Потребность в разработке новых аккумуляторов особенно остро проявилась в 70-е годы XX века в связи с внедрением в космиче-

ской технике солнечных батарей. Для налаживания выпуска специальных серебряно-цинковых аккумуляторов технологам пришлось создать не только новые конструкции, но и новые материалы, и электролиты.

В серебряно-цинковых аккумуляторах отрицательный электрод, как и полагается, сделан из цинка, а положительный — из окиси или перекиси серебра. Электролитом служит едкое кали. Энергоемкость таких аккумуляторов раз в шесть больше, чем у свинцовых. Кроме того, они могут работать при достаточно низких (до -60°C) температурах, давать сильные токи и долгое время находиться в разряженном состоянии.

В результате были получены аккумуляторы, которые могут работать длительное время, в том числе в буферном режиме и в весьма жестких условиях космоса. В 80-е годы XX века для межпланетной станции «Венера» и программы спускаемого аппарата «Союз» потребовались герметичные буферные батареи, устойчивые не только к условиям открытого космоса, но и способные выдерживать серьезную ударную нагрузку. Еще более жесткие требования были предъявлены к аккумуляторам для обеспечения питания аппаратуры на космических станциях «Союз» и на спутниках серии «Космос». Эти работы велись как в Советском Союзе, так и в США. Велись параллельно и примерно в едином темпе. В долгосрочных космических программах «Венера», «Марс», «Молния», «Салют», равно как и в американских: «Маринер», «Пионер», «Эксплорер», — использовались в основном герметичные никель-кадмиевые аккумуляторы со сроком службы в несколько лет, что особенно важно для межпланетных полетов.

Огромную работу проделали наши специалисты по энергообеспечению космической системы «Энергия-Буран». Ракетчики требовали от электриков создания аккумуляторов рекордной емкости до $130\text{--}140\text{ А} \cdot \text{ч}$ при удельной энергии до $150\text{ В} \cdot \text{ч}$ на килограмм веса. Таких параметров мировая практика раньше не знала. И тем не менее подобные аккумуляторы были созданы на Государственном научно-производственном предприятии «Квант».

На космических аппаратах «Радуга» и «Горизонт» прошли испытания новые никель-водородные аккумуляторы со сроком службы до пяти лет, и специалисты «Кванта» работают над созданием еще более долгодействующих никель-водородных и никель-металлгидридных аккумуляторов.

Интересным направлением современной научно-технической мысли является возможность использования в сверхпроводящих катушках больших значений электрического тока, а следовательно, и впечатляющего запаса электроэнергии.

Три кита электротехники

«Электрический конфликт» Ханса Эрстеда

Компасные мастера XVII века не раз замечали, что у кораблей, пришедших из дальних плаваний и побывавших в жестоких грозových бурях, компасные стрелки оказывались перемагниченными. Северный конец указывал на юг, а южный — на север. «Что за чудо?» — удивлялись они, перекрашивая или меняя испорченные стрелки на «правильные». Никому, конечно, и в голову не приходило связать «болезнь перемагничивания компасной стрелки» с атмосферным явлением, а точнее — с молнией. Но вот жарким грозовым днем в июне 1731 года молния ударила в дом почтенного купца города Уэкфилда. Услышав грохот, испуганный негоциант вбежал в комнату и обнаружил, что громовая стрела разбила ящик со столовыми приборами. Стальные ножи и вилки разлетелись по всей столовой. Когда прислуга принялась их подбирать и складывать в буфет, оказалось, что ножи и вилки намагничены. И случай явно указывал на то, что причиной явления могла быть... только молния. А что такое молния? На дворе, слава богу, XVIII век. Просвещенные люди увлекаются науками и знают, что молния — это всего-навсего огромная электрическая искра.

7 сентября 1753 года в Санкт-Петербургской императорской академии профессор Эпинус прочел на конференции трактат «О сходстве электрической силы с магнитною». В своем фундаментальном труде «Опыт теории электричества и магнетизма», изданном шесть лет спустя, господин Эпинус утверждал, что между электрическими и магнитными явлениями существует неперенная связь и силы взаимодействия электрических и магнитных зарядов изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния между ними...

Сам Алессандро Вольта высоко оценил работы петербургского академика. А уж кому бы этого не знать... Интресно, что английский химик Гемфри Дэви, соорудив гигантский вольтов столб, состоящий из двух тысяч пар пластин, и получив электрическую дугу, обнаружил, что пламя дуги отклоняется магнитом. Правда, это было не совсем то. Пламя есть пламя. А вот подтвердить строгим физическим опытом подозреваемую связь электричества с магнетизмом не удавалось никому из физиков.

Уже были найдены связи электричества со светом, электричества со звуком — треск электрической искры, даже связь между электричеством и теплом — тонкие проводники нагревались, когда по ним проходил электрический ток от вольтова столба. А вот убедительно показать, что существует связь электричества с магнетизмом, никак



Ханс Кристиан
Эрстед
(1777—1851)

не удавалось. Мюнхенский физик Иоганн Вильгельм Риттер утверждал, что всякий вольтов столб есть магнит, поскольку ток от него, пропущенный через серебряную проволоку, делает ее магнитной. Риттер пользовался славой гениального, но сумасбродного человека, и к его словам не очень-то прислушивались. Директор Политехнического института в Вене Иоганн Иозеф Прехтль, желая изучить магнитные свойства вольтова столба, подвешивал его на шелковых нитях. Он писал: «...В природе все явления имеют значение или притягательных, или химических действий электричества... так что в сущности магнетизм и химизм суть главные ветви общей науки, электрицизма».

Сегодня даже удивительно читать столь прощительные суждения, во многом соответствующие нашим воззрениям. Но в те времена это бы-

ло лишь мнением, лишенным экспериментального подтверждения.

В 1802 году Джан Доменико Романьози — падуанский адвокат, увлекавшийся электрическими опытами, обнаружил отклонение магнитной стрелки током, проходившим по серебряному проводнику. Романьози хотел было описать открытое явление в подробном мемуаре, но так и не собрался.

Опыты, сопровождавшиеся странными магнитными проявлениями электрического тока, продолжались до 15 февраля 1820 года. В тот день в Копенгагенском университете должен был читать лекцию о связи электричества с теплотой профессор Эрстед. Сорока-трехлетний ученый был довольно известной фигурой в Дании.

Ханс Кристиан Эрстед родился в семье аптекаря. Окончив медицинский факультет Копенгагенского университета, он получил диплом фармацевта. В двадцать два года стал доктором философии, затем профессором и принялся учить студентов в *alma mater*.

Его научные интересы были широки и разносторонни. За работы по получению хлористого и металлического алюминия Эрстед был принят в члены Датского королевского научного общества и стал его неперенным секретарем. Он много ездил по европейским государствам и был знаком с учеными разных стран.

Эрстед был хорошим лектором и умелым популяризатором науки. Немудрено, что на его лекции собиралось достаточно много студентов. В те годы свободного посещения лекций студенты попросту игнорировали тех профессоров, которые читали плохо или худо знали предмет.

Сегодня, рассказывая о нагревании проволоки под действием протекающей в ней электрической жидкости, профессор Эрстед подошел к столу, чтобы показать опыт. Он хотел подключить к полюсам вольтова столба платиновую проволочку и дать желающим потрогать, чтобы убедиться в том, что она стала горячей. В те времена подобный результат вызывал настоящий восторг очевидцев.

Как случилось, что на столе рядом с нагреваемой проволокой оказался компас, сказать сегодня невозможно. Сей прибор отношения к теме лекции не имел. И его присутствие здесь было чистой случайностью. Но это была великолепная случайность!

Не менее удачным было и то, что один из студентов, которого, по-видимому, не слишком интересовали электрические чудеса с нагреванием, заметил, что при замыкании цепи магнитная стрелка почему-то дергается. И надо же было этому студенту задать вопрос о причине «дерганья». Он был, по-видимому, все-таки любознательным молодым человеком, и жаль, что в истории не осталось его имени... Эрстед даже растерялся от неожиданности вопроса.

— Я не понимаю, господин студент, о чем вы говорите.

— Я говорю, герр профессор, о том, что видел собственными глазами. В момент замыкания цепи стрелка компаса отклонилась.

— Вы уверены, что это было так? — медленно переспросил Эрстед, оглядывая демонстрационный стол. Он сразу заметил, что один из проводов, идущий от батареи, образовал петлю и лежал на компасе почти параллельно стрелке.

— Я могу поклясться, что все было именно так! — воскликнул возмущенный недоверием студент и стал продвигаться к столу сквозь группу товарищей.

— Не двигайтесь! — закричал Эрстед. — Сейчас мы повторим опыт, ничего не изменяя. Господа, я прошу всех следить за стрелкой и сказать мне, что вы увидите.

Он снова замкнул цепь и едва не оглох от дружного крика студентов: «Отклонилась!»

Сколько времени Эрстед ждал этого момента! На какие только ухищрения не шел, чтобы обнаружить связь электричества с магнетизмом. А все оказалось так просто...



Компас, сыгравший роль «великолепной случайности» в опытах Эрстеда

Эрстед демонстрирует отклонение магнитной стрелки под действием электрического тока



— Отклонение магнитной стрелки, господа, может быть вызвано единственной причиной, — голос его дрожал от волнения и прерывался, — электрическим конфликтом, то есть воздействием на магнитную стрелку электрической жидкости, которая движется в проводнике.

Пять месяцев спустя из печати вышли небольшие мемуары Эрстеда, озаглавленные «Опыты, касающиеся действия электрического конфликта на магнитную стрелку». В них он излагал правило, уже похожее на закон: «Гальваническое электричество, идущее с севера на юг над свободно подвешенной магнитной стрелкой, отклоняет ее северный конец к востоку, а проходя в том же направлении под стрелкой, отклоняет ее на запад». Однако почему все происходило именно так, а не иначе, Эрстед объяснить не мог.

Свой труд, напечатанный на латинском языке, Эрстед разослал во все известные научные общества, в редакции физических журналов и физикам, занимающимся вопросами электричества.

Интересно отметить, что, по мнению Эрстеда, магнитные свойства проводник с током проявлял лишь в том случае, когда находился в нагретом состоянии. Заблуждался он, полагая, что в проводнике происходит встречное движение положительной и отрицательной

«электрической материи». Была ли это ошибка или ограниченность мышления, привычка просто следовать букве эксперимента и существующему общему мнению в науке?.. Сам Эрстед писал в своих мемуарах: «Этот конфликт образует вихрь вокруг проволоки». И сегодня мы понимаем, что этим «вихрем» было не что иное, как магнитное поле вокруг проводника.

Следом за мемуарами Эрстеда появился целый поток сообщений об исследовании нового явления. Условия его опыта изменяли, исследовали со всех сторон. Немецкий физик Иоганн Швейггер предложил использовать открытый эффект отклонения магнитной стрелки электрическим током для создания первого измерительного прибора — индикатора тока. Другие экспериментаторы обнаружили, что холодный проводник, по которому течет электрическая жидкость, так же хорошо отклоняет стрелку, как и нагретый. В разных странах физики стали вспоминать, что о сродстве вольтова столба и магнита уже давно велись разговоры и открытие Эрстеда вовсе не так уж и ново. Потом, как всегда, нашлись ученые, которые утверждали, будто бы они также проделывали аналогичный опыт и не раз получали сходный результат, но не обратили, дескать, на него внимания.

Но в том-то и заключается величие подлинного таланта. Мало поставить удачный опыт и обнаружить неизвестный до того эффект. Нужно еще осознать важность своей находки!

Опыт Араго

Доминик Франсуа Жан Араго был удивительным человеком. На его долю выпало столько приключений, что их хватило бы на толстый роман. И вместе с тем Араго был серьезным ученым.

Он родился в 1786 году в семье скромного адвоката. Уже в поместье отца все удивлялись необычайной одаренности ребенка в точных науках. И поскольку французы всегда умели не мешать, а помогать природе, воспитывая своих детей, Доминик был отправлен в Тулузу, в Политехническую школу. Блестяще закончив ее, молодой человек получил назначение в Испанию, где проводились измерения меридиана. Но там началась война за независимость, и его приняли за шпиона. Раненого ученого бросили в тюрьму, где он беспокоился лишь о том, чтобы спасти под одеждой рукопись с результатами измерений.

Он дважды бежал из плена, но попал в руки пиратов. Однако все несчастья когда-нибудь да кончаются. Добрался Араго и до Парижа. Драгоценные бумаги были переданы в Академию наук, а героя избрали ее членом.



Тангенс-гальванометр, прибор для измерения силы тока, изобретенный Пуье и усовершенствованный Вебером

Дальше он занимался оптикой и электричеством, астрономией, геофизикой и артиллерией. Став секретарем Парижской академии наук, Араго написал трехтомную монографию о выдающихся геометрах, астрономах и физиках.

В 1820 году в Женеве Араго увидел на собрании натуралистов повторение опытов Эрстеда. И конечно, тут же решил познакомить с ними своих соотечественников, используя новоизобретенные приборы. Вернувшись домой, он собрал нехитрую установку с вольтовым столбом и продумал программу экспериментов.

Чтобы стрелка компаса легче вращалась, понадобилось подпилить железную опорную иглу. Вот цепь была замкнута, и магнитная стрелка послушно отклонилась от проводника, подключенного к вольтову столбу. Но что это? На блестящий проводник налипло столько железных опилок, что они могли исказить картину опыта. Экспериментатор тщательно протер серебряный проводник, однако стоило ему положить его на стол, как опилки вновь налипли. Но ведь серебро — металл немагнитный... Араго выключил ток, и опилки осыпались с проволоки. Включил — и они снова облепили ее, будто серебро стало магнитом. Серебро — магнитом! Чудо!

Араго сразу же осознал важность счастливого открытия. Немагнитный серебряный проводник, подключенный к вольтову столбу, становился магнитом! Очень интересно! Но почему?..

В то время многие физики стремились выяснить природу таинственного электромагнетизма. Что является носителем электрических и магнитных сил? В учении о теплоте в архив были сданы взгляды о теплороде — материальной субстанции, переносящей тепло. В оптике исследователи сошлись на признании нитончайшего всепроникающего эфира — светоносного невесомого вещества, не оказывающего никакого сопротивления движениям планет. А в учении об электричестве все еще господствовали таинственные электрические и магнитные жидкости с их неясными свойствами и противоречивыми ролями...

Большинство ученых старались вообще не задумываться о природе наблюдаемых явлений, уверяя, что нужно заниматься вопросами только количественной оценки результатов, как это делал Ньютон, и не «выдумывать» причин.

В дверь лаборатории постучали. У порога стоял плохо одетый человек. Обвисшие поля шляпы, мятый камзол... Между тем это был академик Андре Мари Ампер — самый гениальный и самый рассеянный из друзей Араго. Пыль на его башмаках — доказательство того, что он уже давно вышел из дома на улице Фоссе де Сен-Виктор и бродил по Парижу или предместьям, не разбирая дороги, как всегда, погруженный в свои мысли.

— Входите, входите, мой друг! — в голосе Араго звучала неподдельная нежность. Он искренне любил этого нескладного и такого несчастного человека, вечного отшельника и глубокого мудреца. — Входите и давайте вашу шляпу. Я ее положу здесь отдельно от других, чтобы вы не спутали...

Араго вспомнил тот случай, когда после бурных споров по вопросам метафизики в одном из парижских домов Ампер схватил по рассеянности треуголку присутствовавшего священника и ушел в ней домой, оставив духовному отцу свою круглую шляпу. Ампер тоже помнил это.

— Вы жестоки, — сказал он, слабо улыбаясь. — А я-то бежал к вам, чтобы рассказать, к каким замечательным выводам пришел, обдумывая опыты Эрстеда. Его открытие знаменует начало новой эпохи в электричестве — электричестве не статическом, неподвижном, а, наоборот, движущемся, выливающимся из гальванических батарей подобно потокам...

Араго проводил друга наверх в лабораторию и усадил в кресло.

— Я вижу, что и вам не чужды гальванические увлечения? — спросил Ампер, кивая на приборы и вольтов столб, приготовленные на столе.



Андре Мари Ампер
(1775–1836)



Ампер и Араго наблюдают взаимодействие электрического тока с магнитной стрелкой

— Вы правы. Я воспроизвел опыт Эрстеда и, как мне кажется, обнаружил новое, никем доселе не замеченное явление. Может быть, оно заинтересует и вас?..

Он замкнул цепь, и тотчас же опилки облепили серебряные проводники. Араго выключил ток, и опилки легким дождем ссыпались ему в ладонь...

— Прекрасно! — Ампер вскочил с места. — Это лучше всего доказывает, что я прав. Покоящиеся заряды не взаимодействуют с магнитной стрелкой. Но стоит им прийти в движение, и они превращают серебряный проводник в магнит. Серебро — в магнит! Превосходно! — Он на мгновение задумался. — А как вы полагаете, не станут ли взаимодействовать два провода с текущими в них потоками зарядов как магниты?

Ампер уже не ждал ответа. Глубоко внутри началась та таинственная, никому не ведомая работа, результатом которой бывает озарение и новые идеи...

Теория Ампера

Выслушав на заседании Академии сообщение Араго об опытах Эрстеда, Ампер решил немедленно их повторить. С помощью добровольных помощников он соорудил простую установку — вольтов столб и провод, замыкающий его полюса. Ампер подносил магнит-

ную стрелку то к батарее, то к проводу и отмечал в обоих случаях отклонение стрелки. При этом стоило цепь разомкнуть, как эффект тут же пропадал... Это подтверждало те смутные мысли, которые уже давно бродили в его голове, — мысли о связи магнитных явлений с электрическими. Именно это открытие стало в будущем основой его электродинамики, сводящей магнетизм к замкнутым круговым токам.

Следующий опыт Ампера был еще более впечатляющим. Получив возможность пользоваться более мощным вольтовым столбом, он пропустил ток по двум проволоочным спиральям, превратив их в магниты. Они послушно притягивались разноименными концами и отталкивались одноименными, то есть вели себя как настоящие магниты. И здесь не было места для «магнитных жидкостей», все объяснялось только протекающим по спиральям электрическим током...

18 сентября 1820 года на заседании Академии наук Ампер начал свою знаменитую серию докладов по электромагнетизму.

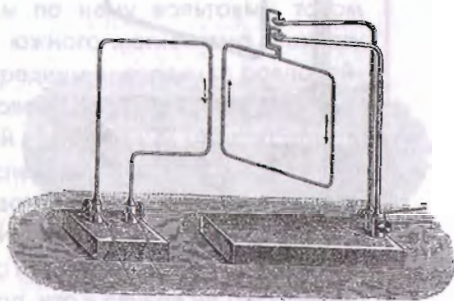
В комнате, где происходило заседание академиков, стоял гул голосов. Открытие Ампера было так просто и, как все простое, гениально. Оно вызвало разные чувства у присутствующих. Араго гордился своим другом. Био слушал с неослабевающим интересом, изредка поглядывая на молодого Савара, с которым его связывала дружба. Семидесятилетний Лаплас дремал. Однако было здесь немало и тех, кого с первых же слов Ампера начала съедать зависть.

— Подумаешь, открытие! — говорили они. — Притяжение и отталкивание токов — это не более чем видоизмененное притяжение и отталкивание заряженных тел, известное еще со времен Дюфе.

Ампер живо реагировал на это возражение:

— Одинаково назлектризованные тела взаимно отталкиваются, два же одинаковых тока притягиваются и, соприкоснувшись, остаются соединенными, как магниты.

— Но позвольте, — говорили завистники, — в чем же новизна открытия коллеги Ампера? Эрстед доказал действие тока на магнитную стрелку. Но если два тела способны действовать на третье, то они должны действовать и друг на друга. Не означает ли это, что взаимное притяжение и отталкивание проводов суть следствие, вытекающее из опытов все того же Эрстеда?

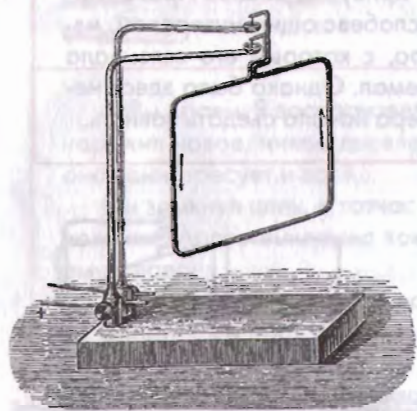


Опыт Ампера с параллельными токами

И они садились на место, внутренне торжествуя, внешне же притворно сожалея, что слава поспешного открытия их коллеги исчезает, как дым... И снова вскакивал Ампер. Он предлагал сомневающимся теоретически вывести из результатов Эрстеда направление взаимодействия токов. А когда сделать это его противникам не удавалось, садился на место удовлетворенный.

Четыре понедельника подряд в октябре 1820 года выступал Ампер с трибуны академии, докладывая о результатах своих исследований. Потом он выступал еще и еще... Он свернул провод в спираль и, пропустив по нему ток, обнаружил, что получившийся соленоид по своим свойствам не отличается от обыкновенного магнита.

— Каждый магнит, я в этом уверен, — с жаром говорил Ампер коллегам, — представляет собой множество естественных соленоидов, по которым текут крошечные круговые токи. Именно гальванический ток, циркулирующий в каждой частице вещества, создает ее природный магнетизм. Электрический ток определяет магнитные свойства тела...



Опытный станок Ампера

Пока оси этих круговых токов ориентированы беспорядочно внутри тела, магнитные свойства не могут себя проявить, ибо в среднем они компенсируют друг друга. Но стоит всем осям по какой-то причине стать параллельными, выстроившись по ранжиру, — железо и сталь становятся магнитами...

Это была настоящая революция во взглядах на природу магнетизма. Фактически Ампер предлагал отбросить всякое представление о невесомых магнитных субстанциях и заменить их действием электрического тока. Резюмируя сказанное, Ампер писал:

«Я свел явления, наблюдаемые г. Эрстедом, к двум общим фактам. Я показал, что ток, существующий в самом вольтовом столбе, действует на магнитную стрелку так же, как и ток соединительного провода. Я описал опыты, при помощи которых я установил притяжение или отталкивание всей магнитной стрелки под действием соединяющей проволоки.

Я описал приборы, которые предполагал соорудить, и, между прочим, гальванические винты и спирали. Я указал, что последние будут производить во всех случаях те же действия, что и магниты.

Затем я коснулся некоторых подробностей относительно своего воззрения на магниты, согласно которому они обязаны своими свойствами единственно электрическим токам, расположенным в плоскостях, перпендикулярных их оси.

Я коснулся также некоторых подробностей относительно подобных же токов, предполагаемых мною в земном шаре. Таким образом, все магнитные явления я свел к чисто электрическим действиям».

Ну, это уж он зря! Да еще так безапелляционно! В зале академии было немало сторонников и убежденных приверженцев гипотезы «магнитной жидкости», легко объясняющей природу магнетизма. Первым со своего места поднялся Жан Батист Био. Он ожесточенно напал на высказанные Ампером предположения и предложил опытом, только опытом доказать истинность новой гипотезы. Био грудью встал на защиту «магнитной жидкости», такой привычной и удобной, а главное, наглядной...

Дело заключалось в том, что в то время, когда Ампер занимался изучением взаимодействия проводников с током, Био вместе с двадцатидевятилетним военным хирургом Феликсом Саваром, увлекшимся физикой, исследовал законы воздействия тока на магнитную стрелку. Результатом этих исследований явился важный закон электродинамики, сформулированный, естественно, в привычных терминах представлений о «магнитных жидкостях», или «магнитных субстанциях». Вот каким он был в первой редакции: «Если неограниченной длины проводник с проходящим по нему вольтовым током действует на частицу северного или южного магнетизма, находящуюся на известном расстоянии от середины провода, то равнодействующая всех сил, исходящих от провода, и общее действие провода на любой — южный или северный — магнитный элемент обратно пропорциональны расстоянию последнего от провода». Трудная формулировка, согласен. Не вдруг и запомнишь. А уж применять ее и того труднее. Но она была первой. И Био ее защищал.

Правда, старый и мудрый Лаплас проанализировал этот обобщенный, интегральный закон и показал, что в случае не бесконечно длинного проводника, а конечного — так называемого элемента тока — сила этого воздействия убывает обратно пропорционально квадрату расстояния. Получился тот самый дифференциальный закон Био — Савара — Лапласа, который изучают сегодня в школе. Амперу трудно было возражать, поскольку он во многих своих выводах опирался на интуицию. Экспериментальных данных по-прежнему не хватало. Био торжествовал...

Пройдет сорок лет, прежде чем Максвелл сумеет подтвердить правоту Ампера теоретически. А потом уже в XX веке американские

физики Сэмюэл Джексон Барнетт, Альберт Эйнштейн и нидерландский физик Ван-дер Йоханнес де Гааз найдут пути экспериментального подтверждения тех выводов, которые сформулировал Максвелл.

Месяц спустя Ампер опять выступил на очередном академическом заседании с сообщением о результатах своих новых опытов. Тем временем немецкий физик Швейггер, используя открытие Ампера, сконструировал мультипликатор, прибор, в котором магнитная стрелка подвешивалась внутри широкой катушки из изолированной проволоки. Теперь даже слабый ток, проходящий по виткам мультипликатора, позволял экспериментатору наблюдать «эффект Эрстеда». На базе этого прибора капитан итальянской армии, физик Леопольдо Нобили соорудил в 1825 году первый в мире чувствительный гальванометр.

В 1821 году, устав от изнурительных опытов, которые он проводил в собственной квартире на улице Фоссе де Сен-Виктор, за столиком, сделанным своими руками, и с приборами, изготовленными сельским слесарем, Ампер заявил, что переходит к составлению теории. В ней он хотел в ясной математической форме описать и привести к единству все многочисленные результаты опытов и электродинамические явления.

Нельзя сказать, чтобы теория Ампера, несмотря на ее математическую строгость, вызвала всеобщее воодушевление среди физиков и была сразу и повсеместно принята как руководство к дальнейшим исследованиям. Отнюдь! Прежде всего путанные описания Ампера сильно уступали в строгости его математическим выводам. Но главной причиной было то, что Ампер отбрасывал такие привычные для всех понятия, как магнитные жидкости, заполняющие тела. Он сводил все явления взаимодействия магнитных тел только к «вольтаическим токам». Эти токи окружали, по его мнению, частицы металла чуть ли не наподобие декартовых вихрей, что в эпоху Ньютона было отринуто большинством ученых...

«Наш великий Ампер...»

Андре Мари Ампер родился 22 января 1775 года в городе Лионе, в семье Жан Жака Ампера и Жанны Антуанетты Сарсей де Сутьер и с детства не обладал завидным здоровьем. Отец его вскоре переселился в небольшое имение близ Лиона. И здесь у Андре стали одна за другой раскрываться способности. Например, он считал, не зная цифр и не умея писать. При этом он пользовался камешками, бобами. А когда у него их отнимали — сухариками...

Многим может показаться удивительной игра ребенка в арифметические вычисления. Но Араго в биографии Ампера пишет: «Я знаю,

правда, не школьника, но отличного ученого, который в наших академических заседаниях часто перемножает большие числа; однажды я удивился его занятиям, и мой товарищ сказал: «Вы забываете удовольствие, которое я испытываю, когда деление не открывает ошибки в моем умножении».

В конце концов такое занятие ничем не отличается от разгадывания кроссвордов, пасьянса или рисования квадратиков на листе бумаги. Разве что требует чуть большего воображения.

Научившись читать, Ампер обнаружил в отцовской библиотеке двадцатитомную «Энциклопедию» и прочел все статьи в алфавитном порядке, от корки до корки. Детская память крепка. Много лет спустя, уже в зрелом возрасте, Ампер часто поражал друзей своей эрудицией и осведомленностью в самых разных областях знаний.

Прочитав в «Энциклопедии» легенду о Вавилонской башне, о том, как Бог смешал языки, чтобы люди перестали понимать друг друга и никогда бы не достроили башню до неба, Ампер решил восстановить единый язык человечества и «изобрел» некий всеобщий язык, написал его грамматику и словарь и даже сочинил поэму на этом языке. Причем многие, слышавшие ее, утверждали, что новый язык Ампера отличался благозвучием и красотой.

В 1793 году Амперов постигло несчастье. Глава семейства, занимавший должность мирового судьи в Лионе, был в ходе революционных событий казнен как аристократ и враг народа. Восемнадцатилетний сын его тяжело переживал смерть отца. Казалось, он потерял рассудок. Более года он был абсолютно безучастным ко всему происходящему вокруг него. Оставаясь немым, «смотрел на окружающее без глаз и без мысли».

Но однажды в руки Ампера попала книга Жан Жака Руссо «Письма о ботанике» и несколько стихов Горация, и он вдруг ожил. В юноше пробудилась задремавшая было любознательность. С прежней страстью принялся он за изучение латинского языка, античных поэтов и... ботаники. Впрочем, продолжалось это увлечение недолго, и скоро Андре Мари снова вернулся к математике. В Лионе образовался дружеский кружок из любознательных молодых людей, собиравшихся для того, чтобы обсудить волновавшие умы научные проблемы.

Ампер был чрезвычайно близорук. Даже близкие предметы казались ему размытыми теньями и красота окружающего мира была недоступна. Так продолжалось до того момента, пока однажды в дорожной карете он, по рассеянности, не взял в руки очки случайного спутника и не водрузил их себе на нос... Неожиданно они оказались ему впору. Трудно описать восторг, охвативший молодого человека. Немало неприятностей доставляла Амперу его рассеянность. Так, однажды, прогуливаясь по берегу реки и размышляя над тем, как определять направление отклонений магнитной стрелки протекающим то-

ком, он заметил веселую компанию мальчишек, купавшихся в Сене. Двое из них плыли по течению рядом, переговариваясь друг с другом. И Амперу пришла вдруг в голову мысль о простом правиле. Пловец, направляясь по течению, имеет справа соответственно правый берег, а если тот же пловец повернет обратно... «Прекрасная идея! — подумал ученый. — Назовем это «правилом пловца» и применим к нашим токам. Если смотреть по направлению тока, стрелка компаса должна отклоняться вправо. Если стать с компасом навстречу току, то — наоборот... Браво Андре!.. Вот только как это будет выглядеть математически? Хорошо бы прямо сейчас это и записать... Ампер близоруко огляделся, очки он, как обычно, забыл куда положил. И вдруг увидел рядом свою черную доску, на которой обычно дома делал математические выкладки. Он тут же забыл о том, что гуляет.

Парижане — сдержанная публика, они готовы понять и простить чуждечества. Но не тогда, когда это наносит ущерб чьей-то собственности. А тут — пожилой, плохо одетый господин, не обращая ни на кого внимания, самозабвенно пачкает заднюю стенку чьей-то кареты мелом, расписывая ее формулами...

Характер Ампера был крайне неуравновешенным, а диапазон интересов — широким. Часто из одной крайности он кидался в другую. Так, уже став профессором математики в Бурге, он написал интересное рассуждение о будущем химии. Однако смелые предсказания скоро стали казаться ему греховными. Он впал в мистицизм, начал обвинять себя в преждевременном открытии тайн и бросил свое сочинение в огонь.

В Париже жизнь его текла беспорядочно. Не имея средств, Ампер вынужден был искать работу и получил должность университетского инспектора. Далекий от реальной жизни, он должен был ездить по департаментам, инспектировать и писать длинные отчеты о расходах на мебель, губки, мел и тому подобные мелочи. Ампер не был в состоянии довести даже собственную рукопись до вида, пригодного к набору. А между тем чиновники требовали от него точности и аккуратности в отчетах, в которых он не видел никакого смысла.

И вообще, если не считать занятий наукой, все существование Ампера в Париже было сплошным несчастьем. Умерла его жена, оставив мужу трехлетнего сына Жан Жака. Чтобы дать сыну мать и освободить сестру от забот о малыше, Ампер женился во второй раз. И тут уж ему действительно не повезло. Знаменитый физик, человек в высшей степени интеллигентный, Луи де Бройль в 1940 году, несмотря на свою обычную сдержанность, охарактеризовал мадам Ампер так: «Вторая его жена оказалась мегерой, а ее родители не лучше».

Ампера буквально третировали в доме супруги, пока он не покинул ее кров, найдя убежище в здании Министерства внутренних дел. Лишь купив дом на Фоссе де Сен-Виктор, он почувствовал себя в безопасности.

Не радовал ученого и сын. Ампер ввел двадцатилетнего Жан Жака в модный салон сорокатрехлетней мадам Рекамье — супруги банкира. И молодой человек влюбился без памяти в стареющую красавицу. До самой смерти своей возлюбленной, в течение тридцати с лишним лет, поэт и лингвист Жан Жак Ампер питал к ней нежные чувства и хранил верность. А Андре Ампер так мечтал, чтобы сын завел собственную семью...

Ампер тяжело переносил домашние неурядицы. Постепенно оживление и бурная работоспособность после удачных опытов и создания теории сменились апатией. Прежнее уныние овладевало ученым. Все труднее бывало браться по утрам за перо. Все ненавистнее становился ему задуманный капитальный труд, название которого гласило: «Теория электродинамических явлений, выведенная исключительно из опытов». Амперу не хотелось даже читать. Насколько в детстве и в юности он любил книги, настолько теперь чувствовал к ним отвращение. Ничто не могло пробудить его интереса, ничто не способно было увлечь. Ко всему прочему добавились еще и страдания от сильной стенокардии. Еле-еле закончив книгу, он оказался неспособен даже разбить текст на главы и параграфы и дать оглавление. Последние годы своей жизни Андре Ампер провел в ужасном состоянии...

В мае 1836 года больной и страдающий Ампер выехал из Парижа на юг, в Марсель, чтобы поправить здоровье. Однако надежды были тщетны. И 10 июля, после приступа жестокой лихорадки, Андре Мари Ампер скончался.

«Термомагнетизм» Зеебека

Прежде чем начать рассказ о первых количественных законах электричества, позволивших перейти к промышленному применению «куриозных» аппаратов и породивших в будущем такую мощную отрасль производства, как электротехника, следует вспомнить еще о некоторых открытиях, совершенных в это же время.

В 1821 году жил в Берлине Томас Иоганн Зеебек — врач по образованию. Врачебной практикой он не занимался и, имея средства к существованию, довольно давно вел физические исследования. Имя его было настолько известно в научном мире, что в 1814 году Берлинская академия наук приняла его в состав своих членов.

Зеебек пытался обнаружить действие на магнитную стрелку замкнутого контура из разнородных металлов без включения в него вольтова столба. Он замыкал медную катушку гальванометра висмутовым диском, и каждый раз, когда его рука нажимала на один из контактов, магнитная стрелка чуть-чуть отклонялась. Почему?.. Мо-

жет быть, влажные руки создавали условия для возникновения «вольтаического тока»?.. Он подложил под пальцы стекло и снова надавил на контакт. Стрелка не двигалась. Прекрасно!.. Но радоваться было рано. Через некоторое время стрелка все-таки отклонилась. Почему же не сразу, а через некоторое время? Что изменилось, когда он положил под пальцы стекло? Устранен непосредственный контакт спая металлов с пальцами, но там же осталось тепло рук, которое теперь нагревает этот спай с некоторым запозданием из-за стеклянной прокладки... Не тепло ли — причина дополнительного магнетизма, вызывающего отклонение магнитной стрелки?

Через некоторое время Зеебек написал статью, в которой заявил, что «теплота, которая сильнее передается одному из мест контакта металлов, является причиной магнетизма». А посему он и назвал открытое им новое явление термомагнетизмом!

Зеебек обнаружил, что эффект, названный им магнитной поляризацией, усиливается как с увеличением числа «термомагнитных» пар, так и с ростом разности температур. Он сделал вывод, что даже магнетизм Земли должен иметь ту же природу и рождается от нагревания вулканами пояса руд и металлов, опоясывающего Землю.

Как только физики узнали о новом открытии, опыты Зеебека были повторены во многих лабораториях. Ханс Кристиан Эрстед и французский физик и математик Жан Батист Фурье пришли к выводу, что это вовсе не термомагнетизм, а термоэлектричество и что Зеебек, исходя из неправильных представлений, ошибся и в сути явления. Они составили батареи из большого числа металлических пар и вскоре, правда, не без труда, получили от них небольшие электрические искры. Теперь уже сомнений не оставалось: тепло, подведенное к спаю (или контакту) разнородных металлов, рождало не магнетизм, а электричество. И несмотря на то что первооткрыватель еще долго сопротивлялся, стараясь доказать свою правоту, явление получило название термоэлектричества.

Через тринадцать лет после открытия Зеебека парижский часовщик, бросивший свое ремесло, Жан Шарль Атаназ Пельтье обнаружил, что в местах спаев двух разнородных металлов, в зависимости от направления тока, тепло либо выделяется, либо поглощается. Явление получило название «эффект Пельтье».

Так новые открытия все ближе и ближе подталкивали ученых к необходимости признания того, что силы природы могут превращаться одни в другие или переходить из одной формы в другую.

Сегодня пока еще термоэлектрические генераторы используются в качестве маломощных источников электроэнергии. Их устанавливают на навигационных буйах, на маяках... Множество полупроводниковых термоэлементов, соединенных между собой, нагреваются

солнечным теплом. Тепловая энергия непосредственно переходит в электрическую, но... коэффициент полезного действия таких установок пока слишком мал.

Обратный эффект, открытый Пельтье, используется шире. Но у открытия Зеебека и Пельтье есть будущее. И скорее всего, оно будет сильно отличаться не только от того, каким виделось первооткрывателям явлений, но и от того, каким видим его мы сегодня. Полупроводниковая, криогенная техника в сочетании с термоэлектрическими явлениями еще не сказала своего последнего слова.

Уильям Стёрджен и «магнитные Биллы»

На заседании Британского общества искусств, которое состоялось 23 мая 1825 года, за длинным столом, заставленным различными электрическими приборами и внушительной батареей из вольтовых столбов, сидел высокий джентльмен лет сорока с лишним. Выправка и благородное, хотя и несколько грубоватое лицо выдавали в нем отставного военного.

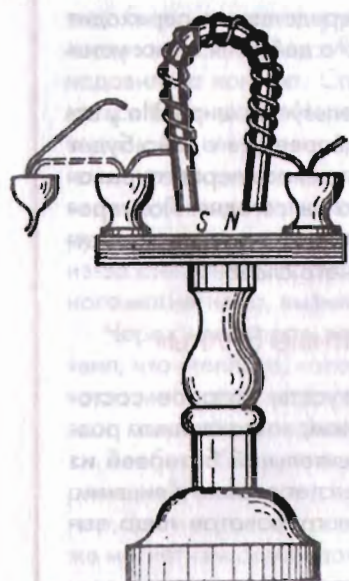
Когда члены общества собрались, председатель коротко представил гостя: «Мистер Уильям Стёрджен — эсквайр», — и сказал, что мистер Стёрджен любезно согласился познакомить их со своим изобретением и показать ряд приборов для электромагнитных экспериментов.

После открытия Эрстеда опыты с электричеством и с магнитами вновь стали популярны среди образованной публики. Поэтому собравшиеся не без интереса следили за ловкими руками экспериментатора, демонстрировавшего по большей части знакомые всем и лишь слегка усовершенствованные приборы. Но вот Стёрджен сделал паузу и с некоторой торжественностью открыл большой футляр. Там лежал согнутый подковой черный лакированный стержень из мягкого железа, обмотанный блестящей медной проволокой.

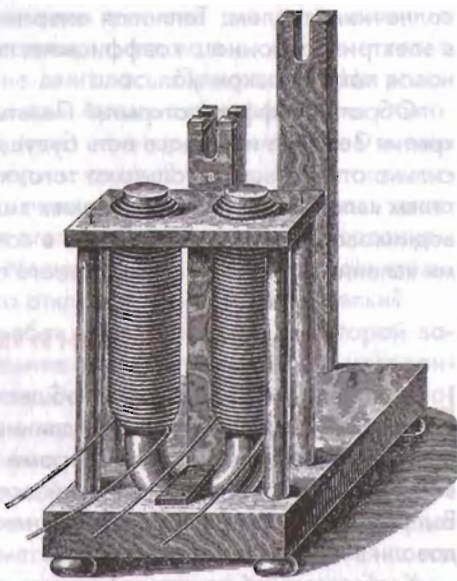
Изобретатель положил прибор на весы. Английская система мер всегда отличалась замысловатостью, и я не стану приводить точный вес в английских единицах. Всего прибор потянул граммов на двести. Экспериментатор повесил его на штатив и подключил к вольтовой батарее. Концы подковы, обретя магнитную силу, притянули к себе железную полосу. Стёрджен стал нагружать полосу гирями: одна, другая, третья... — полоса держалась. Пятая, десятая... Лишь когда



Уильям Стёрджен
(1783–1850)



Электромагнит конструкции
Стёрджена



Один из первых электромагнитов

вес притянутого железа в восемнадцать раз превзошел вес самого магнита, груз оторвался.

Это было неслыханно! Как удалось Стёрджену настолько увеличить подъемную силу? Ведь ни один естественный магнит не в состоянии поднять и пятой доли такого груза... И вообще, кто такой этот джентльмен?

Прошло всего несколько дней, и Лондон узнал все подробности об изобретателе. Оказалось, что Уильям Стёрджен родился в семье сапожника. И хотя с детства тянулся к книгам, до девятнадцати лет был практически малограмотен, находясь в обучении у коллеги родителя по цеховой принадлежности. Предначертанная судьба, по-видимому, не устраивала подмастерье. И в один прекрасный день парень удрал от благодетеля в Вест-Морленд, где поступил в армию.

Рядовому Стёрджену определенно повезло. Сержант, у которого он оказался в подчинении, был начитанным и добрым человеком. Видя тягу молодого солдата к знаниям, он принялся снабжать Стёрджена популярными книжками, которые тот читал в свободное время. Последнего оказывалось достаточно, потому что Уильям скоро научился ставить несложные опыты по химии и физике. Благодаря им молодой человек понял, что знаний его слишком мало, чтобы ра-

зобратся даже в простых описаниях. И тогда с той же настойчивостью, с какой делал все, он стал учиться.

Через пятнадцать лет со дня побега из отчего дома Уильям Стёрджен стал отличным механиком, умелым экспериментатором и образованным человеком. Он был знаком с латынью и естествознанием, немного — с математикой и физикой. Выйдя в отставку, он купил токарный станок, инструменты и принялся за изготовление приборов для любителей научных развлечений. В этом деле он добился определенного успеха, а вместе с успехом — и заказов. Заказы вели к полезным знакомствам.

Благодаря поддержке одного из влиятельных лиц Стёрджен получил место лектора в Военной академии Ост-Индской компании.

И вот его первое публичное выступление в Лондоне с изобретенным электромагнитом. Солдат-ученый! Даже для невозмутимого английского общества это не могло остаться незамеченным.

Но что, собственно говоря, открыл Стёрджен, что изобрел? Однорядная катушка, которая проявляла магнитные свойства, стоило пропустить по ней электрический ток, являлась не чем иным, как «соленоидом Ампера». А усиление силы магнитов в присутствии мягкого железа тоже не являлось особой новостью. Получалось, что объединение одного известного с другим известным в целом заслуживает славы изобретения? Именно так! В объединении частей известного для получения нового качества лежит суть изобретательства. И Стёрджен — подлинный изобретатель электромагнита. Ему первому в голову пришла мысль согнуть железный прут подковой. Сколько с тех пор прошло времени, а подковообразные магниты мы знаем до сих пор.

Со временем его имя становилось все более и более известным. О нем говорили ученые. О его магните писали физики. В доме Стёрджена появились первые ученики. И среди них Джеймс Прескотт Джоуль, сын богатого манчестерского пивовара, в будущем — один из первооткрывателей закона сохранения энергии, не питавший склонности к профессии отца.

Стёрджен написал несколько статей и был немало раздосадован, когда снобы из «Философического транзакшенса» отказались их опубликовать. Он заявил себя издателем нового научного журнала «Анналы электричества Стёрджена», где, к слову сказать, появились и первые статьи Джоуля. Джеймс Прескотт Джоуль был талантливым



Джеймс Прескотт
Джоуль
(1818–1889)

учеником, и его учитель был счастлив этим обстоятельством. Продолжая работы учителя, Джоуль, например, сконструировал многополюсное электромагнитное устройство массой 5,5 кг, которое удерживало более тонны груза. Это не могло не поражать окружающих.

В 1840 году, когда Стёрджену было уже под шестьдесят, манчестерцы предложили ему пост директора своего музея. Место почетное, но не прибыльное. А изобретатель по-прежнему тратил большую часть дохода на электрические и магнитные опыты. Десять лет

спустя он умер, так и не дождавшись ни признания, ни почестей. Многим из англичан сегодня даже имя его не знакомо. И только старая надпись на могильной плите напоминает: «Здесь лежит изобретатель электромагнита».

Электромагниты захватили воображение людей и стали модой. Правил для расчетов и конструирования не существовало. Изобретатели стали опытным путем увеличивать их притягивающую силу. Врачи использовали электромагниты для лечения, шарлатаны — для предсказаний судьбы, фокусники и любители научных развлечений — для показа чудес.

Одно из первых применений мощных электромагнитов на практике началось с конструированием подъемных кранов на сталелитейных заводах. Это нововведение вызвало сначала целую бурю, поскольку предприниматели тут же уволили рабочих, занятых раньше переноской железа.

Правда, со временем кое-кого из уволенных удалось приспособить к делу. И тоже не без помощи электромагнита. В цехах и на проезжих дорогах появились люди с тяжелыми батареями за спиной и с электромагнитами в руках. «Магнитные Биллы», — называли их обыватели. В обязанность «магнитных

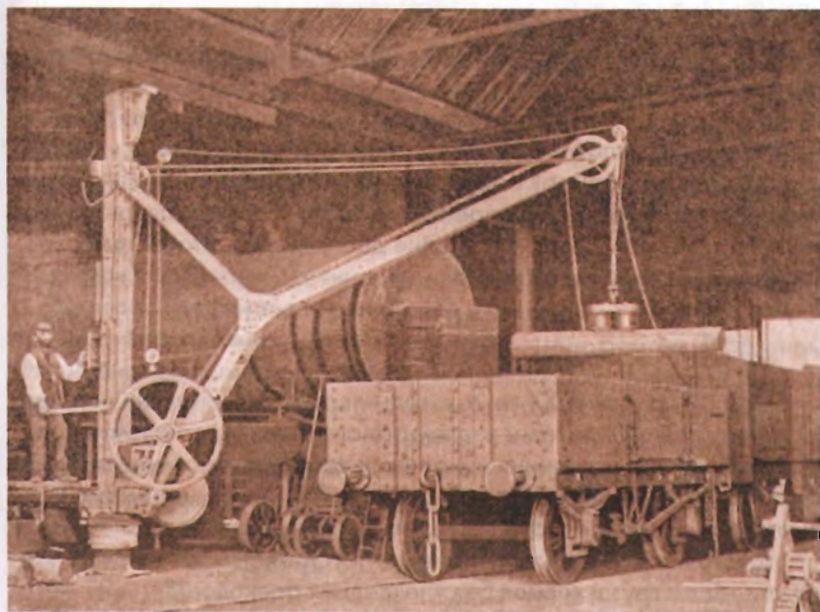
Биллов» входила очистка улиц и помещений от железного мусора. Особенное значение это стало иметь, когда по дорогам, теряя болты и гайки, побежали первые автомобили.

Стали применять электромагниты и на мельницах для очистки зерна, на рудниках — для разделения полезной и пустой породы.

Во второй половине XIX века свойства электромагнита привлекли внимание военных. В Соединенных Штатах Америки в военном



Подъемный магнит
для железа



Подъемный кран XIX века с электромагнитным захватом

ведомстве проходили опробирование два электромагнитных проекта. Один из них заключался в создании сверхсильного магнита для защиты крепостных стен прибрежных фортов от артиллерийского обстрела. Сверхмощный магнит должен был притягивать к себе вражеские снаряды и отклонять траектории их полета. Сегодня такая идея кажется смешной. Но сто лет назад на одном из фортов ее пытались воплотить в жизнь. Под командой бравого офицера матросы соединили рельсами казенные части двух старых осадных орудий, получив внушительную раму в форме буквы «П». Стволы пушек имели не меньше полуметра в диаметре и около пяти метров в длину. На них намотали обмотки из многих миль торпедного кабеля и пропустили по кабелю ток...

Очевидцы рассказывали, что «уже за десять миль в открытом море стрелки корабельных компасов теряли уверенность». Однако для того, чтобы притягивать снаряды противника, сила гигантского электромагнита была все же недостаточной.

Второй проект касался создания магнитного корабля-ловушки. Для этой цели кабелем обмотали целый броненосец и пустили по кабелю ток. Получился плавающий электромагнит со стальным сердечником, который должен был «сбивать с толку» магнитные стрелки

компасов на судах противника. Однако и эта затея потерпела фиаско. Магнитная защита компасов на кораблях легко компенсировала влияние корабля-ловушки.

Много было всевозможных попыток приспособить магнитные силы для службы человеку. И многое получилось. Оглянитесь вокруг, сколько электромагнитов работает в самых обычных домашних приборах. Тут и телефон, и магнитофон, даже простой дверной звонок... Нет, Уильям Стёрджен вполне достоин того, чтобы мы сохранили в своей памяти его славное имя.

От фантастики к реальности

Во второй половине XX века, в годы первых космических полетов, снова вспыхнул интерес к электромагнитным устройствам, предназначенным для ускорения макроскопических тел. Космическим ракетам при запуске приходится тащить с собой наверх огромную массу топлива. Полезный груз составлял всего несколько процентов от стартового веса. А нельзя ли придумать устройство, способное поднимать тот же груз в космос без «накладных расходов»?

Читатель наверняка помнит идею Жюль Верна: послать на Луну корабль с людьми, выстрелив им из огромной пушки. Идея неприемлемая в связи с гигантскими перегрузками, которые не вынесет человек. А если без людей? Расчеты показывают, что в принципе такая установка может быть создана, если заменить пороховую пушку электромагнитной...

И вот в Канберре лаборатория национального Австралийского университета, работая совместно с американскими лабораториями в Лос-Аламосе и Ливерморе (Калифорнийский университет), а также совместно с фирмой «Вестингауз», построила «рельсовую пушку». Это некое подобие простейшего электромагнитного ускорителя, состоящего из двух проводящих ток рельсов, вмонтированных в трубу, напоминающую артиллерийский ствол. В систему посылаются импульсы электрического тока. Между рельсами быстро движется плазменный разряд — электрическая дуга, подталкивающая вперед «снаряд» из непроводящего материала. Последнее достижение — выталкивание «снаряда» (им являлся пластмассовый кубик массой 3 г) со скоростью до 10 км/с. Этого уже достаточно, чтобы вывести груз на орбиту. К сожалению, выйдя из канала ствола, «снаряд» мгновенно разрушился под воздействием силы, создающей ускорение, которое в миллионы раз превзошло ускорение свободного падения.

В 1974 году изобретатели предложили электрическую пушку — «Массовый ускоритель» для доставки на Землю с Луны минералов,

руд, богатых алюминием. Позже теоретики предложили построить подобные же «массовые ускорители» на Земле и использовать их для запуска космических аппаратов. Только длина таких «пушек» должна быть несколько километров...

Георг Ом — просьба не путать со знаменитым братом

В широко известном сочинении конца XIX века «Очерк истории физики» Фердинанда Розенбергера в одном из примечаний написано: «Георг Симон Ом (не смешивать с его братом Мартином Омом, знаменитым математиком)...» Прекрасный пример исторической несправедливости современника. Кто из нас знает сегодня «знаменитого математика» Мартина Ома, получившего известность в первой половине XIX века в связи с построением арифметики натуральных чисел? Пожалуй, только специалисты. Тогда как имя Георга Ома знакомо всем.

В Кёльне, на одной из боковых улочек, отходящих от площади перед знаменитым собором, на глухой стене бывшей церковной школы, выкрашенной пронзительной охрой, висит металлическая плита с барельефом и надписью, гласящей, что здесь учительствовал Г. С. Ом. Скромная черная доска на глухой стене... Между тем именно Георг Симон Ом дал в руки ученым один из первых количественных законов электричества.

Что мы называем законом природы? Прежде всего устойчивое, повторяющееся и очень существенное соотношение между наблюдаемыми явлениями. Законы природы независимы от нашего желания и вообще от сознания людей. Они определяют, как одно явление взаимодействует с другим, и какой результат при этом должен получиться. Все в нашем устойчивом мире детерминировано, все подчинено определенным правилам. Мы их еще далеко не все знаем. И вот открытие (точнее — познание) законов природы является главной задачей естествознания.

В физике электрических явлений нужда количественной оценки разнообразных действий гальванизма ощущалась давно, и многие пытались найти непреложные правила — законы. Это и сумел сделать Ом.

Георг Симон Ом родился 16 марта 1787 года в городе Эрлангене, в семье ремесленника-слесаря. Отец его был достаточно умным человеком, чтобы внушить своим сыновьям любовь к учению. Поэтому, окончив гимназию, Георг поступил в Эрлангенский университет.

Биографы туманно намекают на то, что учебу он оставил, не закончив курса. Но с другой стороны, он вроде бы некоторое время был приват-доцентом в том же университете и преподавал мате-

матику... Тут есть какая-то неувязка. Но оставим ее на совести историков.

Доподлинно же известно, что позже, до 1817 года, он был школьным учителем и кочевал из школы в школу, из одного города в другой. В промежутках между уроками учитель математики Георг Симон Ом занимался весьма увлекательным делом — физическими исследованиями, в том числе опытами с гальваническими батареями.



Георг Симон Ом
(1787—1854)

В то время многие физики пытались выяснить, как зависит действие гальванической батареи от качества и от рода металла, из которого сделана проволока, замыкающая ее полюсы. Сделать это было нелегко, поскольку электродвижущая сила любой гальванической батареи быстро падала. Восстанавливалась она лишь постепенно. Такая неустойчивость в работе очень мешала исследователям. И потому, как только Зеебек сконструировал термоэлемент, дававший ток постоянной силы, проблема была решена. Ому о термоэлементе рассказал немецкий физик Иоганн Поггендорф — издатель журнала «Аннален дер физик», бывший в курсе всех научных новостей своего времени.

В 1826 году в своей крохотной лаборатории в Кёльне Георг Ом соорудил элемент, состоящий из висмутового стержня, впаянного между двумя медными проволоками. Опустив один из спаев в кипящую воду, а другой в мелко наколотый лед, он приступил к опытам. Скоро Ом пришел к выводу, что электрический ток ведет себя подобно водному потоку в наклонном русле: чем больше перепад уровней и свободнее путь, тем поток сильнее. Так же и с током: чем больше электродвижущая сила батареи и меньше сопротивление току на его пути, тем больше сила тока. Применяя в своих опытах проводники из разных материалов, разной длины и поперечного сечения, Ом установил, что сила тока в цепи при постоянном источнике электродвижущей силы (он называл это «разностью электростатических сил») обратно пропорциональна сопротивлению проводника.

В 1827 году из печати вышла большая монография Ома «Гальваническая цепь, разработанная математически доктором Омом». Однако местные физики не слишком благосклонно отнеслись к результатам его работ, поскольку в опытах с вольтовым столбом применение простого правила Ома не согласовывалось с результатами эксперимента.

В других странах его работы пока известны не были. Профессор прикладной физики Парижской школы искусств и ремесел Клод Серве Пуье в октябре 1831 года сообщил Парижской академии, что открыл количественное соотношение между электродвижущей силой, силой тока и сопротивлением. При этом он ни словом не упомянул Ома. Правда, позже вынужден был признать, что читал сочинение немецкого физика о гальванической цепи и, пожалуй, согласен с тем, что Георг Ом сформулировал этот закон первым. Благодаря этой довольно скандальной истории о работах Ома узнали и другие французские физики. Узнали о его работах и в Англии.

В 1842 году Лондонское королевское общество наградило Ома почетной золотой медалью Коплея и избрало его своим членом. Георг Ом оказался вторым немцем, удостоенным этой чести. Чарлз Уитстон, изобретатель широко распространенного измерительного прибора, «моста сопротивлений», а также другой измерительной аппаратуры, писал, что «наконец-то столь долго господствовавшие туманные представления количества и напряженности уступили место определенным понятиям сил и сопротивлений, установленным Омом».

В 1849 году, когда Ому уже исполнилось шестьдесят два года, его пригласили в Мюнхенский университет на должность экстраординарного профессора. И лишь за два года до смерти произвели в ординарные профессора. Всю жизнь Ом был великим тружеником. И всю жизнь его преследовали неудачи. Он сделал ряд прекрасных работ по акустике и установил важный закон о восприимчивости человеческим ухом простых гармонических колебаний, но труды эти признания не получили. Лишь через восемь лет после смерти Ома Гельмгольц смог доказать справедливость его выводов. В конце 40-х годов Георг Симон Ом задумал создать теорию молекулярной физики, но успел написать и издать всего один том. В 1853 году его наградили орденом Максимилиана «За выдающиеся достижения в области науки». Наконец-то признание пришло к нему. Но в 1854 году внезапный удар лишил его возможности наслаждаться почестями, исследовать и жить.

Правило Ома оказалось настоящим законом. Все теоретические и опытные проверки показали его точность. И сегодня закон Ома, гласящий, что в замкнутой цепи сила тока прямо пропорциональна электродвижущей силе и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи, является одним из трех китов, на которых стоит электротехника.

Через двадцать семь лет после смерти Ома Электротехнический съезд в Париже предложил назвать его именем общепринятую единицу сопротивления.

Два закона студента Кирхгофа

Студенту Кёнигсбергского университета Густаву Кирхгофу только-только исполнился двадцать один год, когда он, занимаясь в семинаре у профессора Франца Неймана, получил доступ в лабораторию физики. Он хотел проверить некоторые теоретические предположения, которые высказывал в своей научной работе, и приступил к самостоятельным исследованиям. Нель-

зя сказать, что это были такие уж сложные исследования. Важно было правильно сформулировать и поставить задачу. А потом, обобщив результаты экспериментов, попытаться увидеть закономерности и вывести обобщенное умозаключение. Кирхгоф исследовал, как течет ток через плоскую пластинку, как при этом распределяется электричество по участкам электрической цепи и какие правила позволят находить распределение токов в разветвляющихся проводниках.

Было бы неверным считать, что до него о подобных задачах никто не думал. Для некоторых частных случаев их решали Ом и Уитстон. Бралась за эти проблемы и другие физики и по мере надобности делали выводы. Но в общем виде их не решал никто.

В 1845 году Кирхгоф написал, что «если через систему проволок, связанных между собой произвольным образом, проходят гальванические токи, то:

1. В случае если проволоки 1, 2... n сходятся в одной точке и токи, направленные к ней, считать положительными, то сумма всех токов будет равна нулю.

2. В случае же если проволоки 1, 2... n образуют замкнутую фигуру, то сумма произведения тока в каждой из них на собственное сопротивление проволоки должна быть равна сумме всех электровозбудительных сил на всем пути 1, 2... n ».

Удивительно просто и абсолютно верно. А главное, что эти два правила в будущем, наряду с законом Ома, лягут в основу всей теории электрических цепей. Вот вам и студент!

Надо сказать, что его успехи были оценены должным образом. По окончании университета Кирхгоф получил очень редко предоставляемую стипендию для поездки во Францию.

Густав Роберт Кирхгоф родился 12 марта 1824 года в семье советника юстиции. Проявив уже в отрочестве незаурядные математи-



Густав Роберт
Кирхгоф
(1824—1887)

ческие способности, он поступил в Кёнигсбергский университет и там сделал работу, с которой я начал рассказ о его законах.

Дальнейшая научная судьба Кирхгофа была вполне благополучной. Он показал себя знающим физиком и защитил докторскую диссертацию. Стал приват-доцентом Берлинского университета и членом Берлинского физического общества. После недолгой службы в Бреслау перешел в знаменитый Гейдельбергский университет ординарным профессором, где проработал более двадцати лет и сделал почти все свои важнейшие открытия. Там, в 1859 году, совместно с химиком Робертом Вильгельмом Бунзеном, он положил начало спектральному анализу. И это открытие принесло обоим мировую славу. Кирхгоф стал действительным членом Берлинской академии наук и членом-корреспондентом Петербургской академии наук.

Научные интересы Кирхгофа были чрезвычайно разнообразны. Он занимался электричеством и гидродинамикой, излучением, спектрами, спектральным анализом и вопросами упругости. В науку об электричестве он ввел понятие электрического потенциала и установил закономерности для электрического тока в разветвленных цепях. В пятьдесят пять лет Густав Роберт Кирхгоф возглавил кафедру математической физики в Берлине и написал обширный четырехтомный труд «Лекции по математической физике». Книга сыграла большую роль в развитии науки.

Можно добавить, что Кирхгоф был и неплохим преподавателем. Студенты любили его лекции, которые почти всегда сопровождались оригинальными экспериментами. Недаром среди его учеников немало выдающихся физиков.

Глава 8

Эпоха Фарадея — Максвелла

Лаборант по имени Майкл Фарадей

Сегодня вряд ли найдется человек, не слыхавший имени Фарадея. О его открытиях написано много книг. Известны и основные этапы его жизненного пути: от ученика переплетчика к лаборанту, а затем ассистенту профессора Гемфри Дэви и, наконец, к члену Лондонского королевского общества, профессору и директору ла-

боратории Британского королевского института. И все-таки о жизни самого ученого сказать можно немного. Внешне она была не очень примечательна. «Великие события, — как писал когда-то австрийский физик, профессор в Граце и Вене Людвиг Больцман по поводу «тихой» биографии Фарадея, — совершались исключительно в его голове». Вот, например, что писал в своих воспоминаниях известный французский химик Жан Батист Андре Дюма:



Майкл Фарадей
(1791–1867)

«Фарадей был среднего роста, жив, весел, глаз всегда наготове, движения быстры и уверенны: ловкость в искусстве экспериментирования невероятная. Точен, аккуратен, весь — преданность долгу... Он жил в своей лаборатории, среди своих инструментов; он отправлялся в нее утром и уходил вечером с точностью купца, проводящего день в своей конторе. Всю свою жизнь он посвятил постановке все новых и новых опытов, находя в большинстве случаев, что легче заставить говорить природу, чем ее разгадать...

Моральный тип, явившийся в лице Фарадея, поистине явление редкое. Его живость, веселость напоминают ирландца; его рефлектирующий ум, сила его логики напоминают шотландских философов; его упрямство напоминало англичанина, упорно преследующего свою цель...»

Я не стану пересказывать биографию Фарадея, что потребовало бы многих страниц и явилось бы простым повторением книг, написанных ранее. Приведу лишь несколько фактов из его детства и юности. Фактов, сыгравших, как мне кажется, важную роль в жизни этого ученого, поучительных и в наши дни для тех, кто хотел бы заниматься наукой.

«Мое образование, — рассказывал Майкл Фарадей, — было самым заурядным и включало в себя начальные навыки чтения, письма и арифметики, полученные в обычной дневной школе. Свободное время я проводил дома и на улице». Когда Майклу исполнилось двенадцать лет, его школьные годы кончились. Так было принято в той среде, к которой принадлежал Фарадей. Вопросы образования вряд ли беспокоили его родителей. Не могли помочь в этом деле советами и дяди Майкла. Один из них был кровельщиком, другой — сапожником, третий — фермером, четвертый — мелким торговцем.

Неподалеку от дома Фарадеев в Лондоне находилась небольшая книжная лавка и переплетная мастерская Жоржа Рибо. Сюда и поступил учеником переплетчика Майкл.

Трудно сегодня сказать, когда именно и по какой причине юный подмастерье переплетчика заинтересовался содержанием книг, над которыми работал ножницами и клеем. Явление это не исключительное. Среди старых переплетчиков было немало книгоцеев и знатоков книги. Но Фарадей, начав читать, вскоре оставил без внимания романы и описания путешествий — естественное «чтиво» для человека его возраста и образования. Больше всего его привлекали статьи из Британской энциклопедии с описаниями опытов и аппаратов для экспериментирования.

Однажды кто-то сдал в переплетную Рибо популярную книжку «Беседы по химии», написанную некой госпожой Марсе. Кажется, она была супругой врача. Книжка попала к Фарадею. Непритязательные опыты, описанные простым и доступным языком, возбудили воображение юноши. Самостоятельный характер и недоверчивость, свойственные возрасту, побудили проверить то, о чем говорилось в книге. Особенно важно это было сделать, когда результат описанного опыта выходил за рамки привычного ожидания. Здесь его мог убедить только факт. «Пожалуйста, не думайте, чтобы я был глубоким мыслителем или отличался ранним развитием, — писал он. — Верил столько же в «Тысячу и одну ночь», сколько в «Энциклопедию». Но факты были для меня важны, и это меня спасло. Факту я мог доверяться, но каждому утверждению я мог всегда противопоставить возражение. Так проверил я и книгу г-жи Марсе с теми небольшими опытами, на производство которых у меня были средства, после чего мне пришлось убедиться, что книга соответствует фактам, насколько я их понимал». Так оценивал сам Фарадей значение этой немудреной книжки в своей жизни.

Как важно вовремя найти и получить именно ту духовную поддержку, которой жаждет сердце. Открыть для себя то, что поможет перевести юношеский нигилизм в жажду познания, покажет роль Его Величества Факта и научит добывать факты самостоятельно... Проверить слова учителя на опыте почти равноценно собственному открытию. Это не значит, конечно, что каждый проделавший дюжину домашних экспериментов к тридцати пяти годам станет членом Королевского общества. Но то, что в будущем он более критично отнесется к чужому мнению, проявит независимость и самостоятельность убеждений, — на это, пожалуй, надеяться можно.

Майкл Фарадей не был исключительным ребенком. Живой и общительный, он отличался от других мальчиков его возраста, может быть, только несколько большей любознательностью, недоверчивостью к словам и упорством самостоятельного характера.

«Мой хозяин, — писал Фарадей, — позволял мне иногда посещать вечерние лекции физики, которые читал господин Татум в своем собственном доме. Я узнал об этих лекциях по объявлениям, вывешенным в окнах лавок, недалеко от его дома. Плата за вход была 1 шиллинг. Брат Роберт дарил мне деньги на лекции».

Фарадей побывал на лекциях блестящего исследователя и талантливого лектора, профессора химии Королевского института сэра Гемфри Дэви и остался в полном восторге от того, что увидел и услышал. К этому времени в его жизни наступила пора больших перемен. Срок ученичества в переплетной мастерской подошел к концу. Майкл перешел к другому хозяину, стал самостоятельным двадцатилетним рабочим парнем и должен был трудиться без всяких скидок и послаблений. Работа не оставляла ему времени на посторонние дела. И Майкл с тоской смотрел, как химические приборы и электрическая машина, сделанные его руками, покрываются пылью. Он уже не представлял себе жизни без экспериментов. Надо было что-то решать.

В переплетную часто заходил мистер Дэнс — член Королевского института. Это он снабдил Фарадея билетами на лекции Дэви. Наблюдая за тем, как мается молодой человек, Дэнс посоветовал обратиться с просьбой к профессору Дэви: не найдет ли тот для него работу в лаборатории? Майкл с радостью ухватился за эту идею. Для подкрепления своей просьбы и доказательства серьезности намерений Фарадей переписал начисто прослушанные им лекции Дэви, красиво переплел и приложил к письму... Потянулись дни ожидания. Может быть, важный сэр и не ответит на послание переплетчика, как не отвечали другие, раньше... Но вот однажды вечером Фарадея, который уже спал после работы, разбудил стук. Он вскочил с постели, отворил дверь и увидел лакея. Тот подал ему записку. Это было приглашение посетить сэра Гемфри на следующее утро.

Он предложил Майклу временно поработать у него переписчиком, а спустя некоторое время Фарадей стал его ассистентом.

В том же году, собираясь в Европу, Дэви позвал Майкла поехать с ним в качестве секретаря. Майкл согласился, хотя его несколько смущало, что на первых порах ему пришлось бы выполнять обязанности камердинера сэра Гемфри, поскольку старый слуга ехать отказался. Но в конце концов это были мелочи по сравнению с возможностями интересных встреч и множеством блестящих экспериментов, которые производил Дэви в лучших лабораториях Европы. Надо сказать, что, несмотря на мелкие неприятности, путешествие необыкновенно обогатило Майкла Фарадея, расширило его кругозор. Он познакомился со многими выдающимися представителями



Фарадей в своей лаборатории в Лондоне

европейской науки и получил неплохую выучку как экспериментатор.

В Лондоне Фарадей некоторое время продолжал работать в лаборатории Дэви, а затем стал ассистентом профессора Бранда. Современники отмечали: «...он так покойно, ловко и скромно исполнял на лекциях свою работу, что лекции Бранда текли как по маслу». Именно к этому времени относится одно знаменательное событие в жизни Фарадея, сыгравшее большую роль в его дальнейшей деятельности.

Исследователи давно заметили, что пламя зажженного газа или даже обыкновенной свечи подчас начинает мигать в такт со звуком. Более того, в определенных условиях пламя само начинает звучать в тон музыке. Это явление долгое время оставалось необъясненным, пока профессор Август Деларив не дал ему своего теоретического объяснения. И вот, проверяя выводы Деларива, Фарадей рядом простых, но очень убедительных опытов доказал ошибочность его теории.

«Открытие ошибки в работе опытного исследователя, — пишет в своих воспоминаниях Джон Тиндаль, друг и сотрудник Фарадея, —

составляет эпоху в жизни молодого ученого; и когда это обстоятельство, как в случае с Фарадеем, порождает уверенность в себе, оно неизбежно влечет за собою прекрасные последствия».

Фарадей поверил в себя. С этого момента его самостоятельные работы, анализы и исследования по оригинальности замысла и по виртуозности выполнения превосходят все, что делалось в Королевском институте. Его авторитет экспериментатора начинает беспокоить даже самого сэра Гемфри Дэви. Стареющий ученый испытывает невольное чувство зависти к успехам своего бывшего ассистента.

Загадка как основа открытия

Можно предположить, что начало интереса Фарадея к исследованию электрических явлений положило загадочное «электромагнитное вращение», которое после Эрстеда наблюдали многие ученые. Все видели взаимодействие электрического тока с магнитной стрелкой. Но четкого объяснения явление не находило и весьма занимало умы ученых.

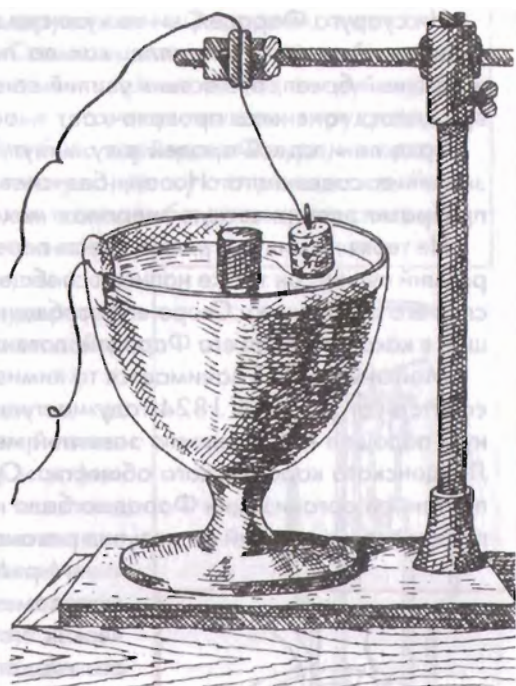
Однажды в лабораторию Дэви, бывшего в ту пору уже президентом Королевского общества, зашел вице-президент доктор Уильям Хайд Волластон. Его занимала мысль о способе превратить замеченное Эрстедом отклонение электрическим током магнитной стрелки в ее непрерывное вращение. Волластон полагал, что можно получить и обратное действие, то есть вращение проводника с током около магнита. Однако ни один из поставленных им опытов не привел пока к успеху.

Фарадей с интересом слушал беседу ученых и предложил подвесить иглу к магниту на чувствительном подвесе. Волластон высказал сомнение в успехе. А Дэви, как обычно, сказал: «Попробуй-те...» И Фарадей стал пробовать.

Задача, поставленная Волластоном, оказалась труднее, чем думалось сначала. Но в конце концов Фарадей придумал идею эксперимента. Нужно было сделать конструкцию прибора, в котором ток проводника действовал бы только на один полюс магнита. Тогда силы взаимодействия заставят проволоку с током совершать вращательное движение.

Тем временем наступили рождественские каникулы. Джентльмены по традиции разъехались из Лондона. Фарадей остался едва ли не один в институте. Этим летом он женился на сестре своего приятеля и получил от администрации квартиру больше той, в которой жил раньше. Там у него был свой кабинет.

Утром первого рождественского дня после посещения церкви молодая чета вернулась домой. Сара направилась на кухню покол-



Рождение электродвигателя
в лаборатории Фарадея

довать над индейкой и пудингом, а Майкл остался в столовой протирать бокалы и накрывать на стол. Впрочем, он был чрезвычайно доволен, когда пришедший в гости кузен жены сменил его за этим занятием. Он тут же отправился к себе в кабинет. Там, на столе, на деревянной подставке с медным штативом был укреплен наполненный ртутью бокал, унесенный из хозяйства супруги. В нем лежал кусочек воска, в который был вставлен вертикально небольшой магнитный стержень. Один из его полюсов на полдюйма выдавался над поверхностью ртути. От шарнира в конце поперечины на штативе шел прямой медный проводник, достаточно длинный, чтобы погрузиться в ртуть тоже на полдюйма. Для придания плавучести проводник был проткнут сквозь пробку. Рядом с установкой стоял вольтов столб. Фарадей подключил один полюс батареи к сосуду с ртутью, а другой — к медному проводнику. Тот дрогнул и стал медленно вращаться вокруг полюса магнита.

Прекрасно, замысел Волластона наконец осуществился! Фарадей перевернул магнитный стержень и снова замкнул цепь. Проволока послушно стала крутиться в другую сторону...

— Сара! Роберт! Посмотрите, посмотрите! — закричал он.

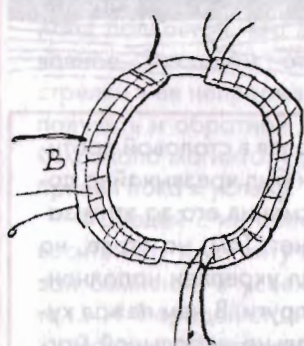
Ни супруга Фарадея, ни ее кузен не знали физики. Но оба с застенчивым дыханием смотрели, как по поверхности ртути, налитой в обычный бокал, без всяких усилий со стороны Майкла бесшумно вращалась тоненькая проволока.

Вряд ли и сам Фарадей в ту минуту полностью осознавал все значение содеянного. Но он, безусловно, понимал, что впервые превратил электрическую энергию в механическую.

Не теряя ни минуты, рискуя съесть пережаренную индейку и пригоревший пудинг, он тут же написал сообщение о своем открытии и отослал его в редакцию. Скоро его сообщение в том виде и в той редакции, в какой написал его Фарадей, появилось на страницах журнала.

Майкл Фарадей занимается то химией, то физикой, и везде ему сопутствует удача. В 1824 году наступил момент, когда он вплотную подошел к исполнению заветной мечты — вступлению в члены Лондонского королевского общества. Однако вступить в ряды этой почтенной организации Фарадею было не просто. Лишь после многих хлопот и волнений он получил рекомендацию. Текст ее гласил:

«М-р Майкл Фарадей, джентльмен, замечательно сведущий в химических науках, и автор нескольких статей, опубликованных в «Трудах Королевского общества», выражает желание стать членом общества; мы, нижеподписавшиеся, на основании личного знакомства рекомендуем его как человека, в высшей степени заслуживающего этой чести, человека, который, вероятно, станет полезным и ценным членом общества». Рекомендацию подписали более двадцати человек. Теперь Фарадей мог писать перед своим именем буквы «F. R. S.» — «член Королевского общества».



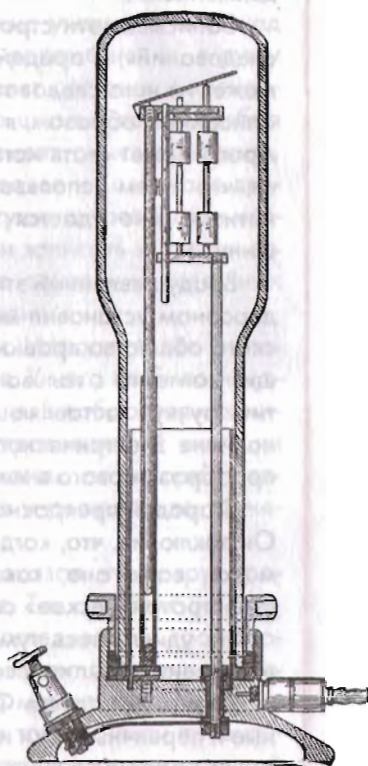
Чертеж Фарадея

Майкл Фарадей поражал окружающих своей аккуратностью. Каждый опыт он подробно описывал в дневнике, рисовал схему и составлял выводы, которые удавалось сделать. Записав еще в 1822 году: «Превратить магнетизм в электричество», Майкл не раз возвращался к этой мысли, придумывал то один опыт, то другой. Каждое утро он в одно и то же время являлся в лабораторию. Его ассистент, отставной сержант артиллерии Андерсон, спрашивал: «Будем ли мы сегодня работать, мистер Фарадей?» — и, получив неизменно утвердительный ответ, отправлялся готовить инструменты и приборы.

Джон Тиндаль, многие годы друживший с Фарадеем, писал о качествах характера ученого: «Самым выдающимся из них была любовь к порядку. Самые запутанные и сложные вещи в его руках располагались гармонически. Кроме того, в прилежании к труду он выказывал немецкое упорство. Это была порывистая натура, но каждый импульс давал силу, не позволявшую ни шагу отступить назад. Если в минуты увлечения он решался на что-нибудь, то этому решению оставался верен и в минуты спокойствия». Наверное, потому, поставив однажды перед собой задачу «превратить магнетизм в электричество», он девять лет спустя все-таки ее решил.

Утром 29 августа 1831 года он, как и раньше, включил батарею в приготовленную Андерсоном катушку и зафиксировал толчок, который испытала стрелка гальванометра, включенного во вторичную обмотку. При выключении стрелка также дрогнула, но отклонилась в другую сторону. В чем тут дело?

Вместе с Андерсоном он тщательно проверил установку. Но никаких причин для странного поведения стрелки не обнаружил. Тогда он решил изменить условия опыта. Заменял батарею заряженной лейденской банкой. А обмотки Андерсон намотал на кольцо из мягкого железа. При наличии железного сердечника толчки стрелки стали гораздо сильнее. Фарадей снова и снова изменял условия экспериментов и постепенно пришел к определенному выводу. Причина наведения — индукции — тока во вторичной обмотке заключается в движении магнита. Именно в движении! Он бросился к дневнику: «Электрическая волна возникает только при движении магнита, а не в силу свойств, присущих ему в покое». Это было решение! Решение задачи, поставленной без малого десять лет назад. А железное кольцо с двумя обмотками явилось прообразом будущих трансформаторов, без которых вообще вся электрификация нашей эпохи вряд ли была бы возможна.



Прибор для опыта Араго

Между тем Фарадей форсировал работу в лаборатории. Его эксперименты становились удачнее, а результаты — понятнее. Он вспомнил опыт Доминика Араго, показанный в 1824 году, и глубоко задумался...

«Если вращать медный диск вблизи магнитной стрелки или магнита, подвешенного таким образом, что он может вращаться в плоскости, параллельной плоскости диска, то магнит стремится следовать движениям диска; при вращении магнита диск следует за его движением».

Записывая эти строчки в журнал своих «экспериментальных исследований», Фарадей уже прикидывал, какой практический выход может из него следовать. «Получив электричество из магнита вышеописанным образом, я полагал, — пишет он дальше, — что опыт г-на Араго может стать источником получения электричества, и надеялся, что путем использования электрической индукции земного магнетизма мне удастся сконструировать новую электрическую машину...»

Воодушевленный этим намерением, он вместе с помощником Андерсоном установил между полюсами большого магнита Королевского общества вращающийся медный диск. Соединил два скользящих контакта с гальванометром и велел отставному сержанту крутить ручку, заставляющую диск вращаться. Гальванометр показал наличие электрического тока. Фарадей был счастлив. Он создал прототип первого в мире электрического генератора.

Фарадей прекрасно понимал значение сделанного им открытия. Он заключил, что, когда постоянный ток проходит по первичной обмотке, сама она, как и вторичная обмотка, приходит в особое «электротоническое» состояние.

Не удивляйтесь туманности терминологии. Эффект, наблюдаемый ученым, был ему вовсе не так ясен, как сегодня.

Девять лет спустя Фарадей на опыте убедился, что возбужденные и первичные токи имеют противоположные направления. И к тому же возникают они в виде короткого импульса... Сколько мучений доставили Майклу Фарадею попытки сформулировать общее правило для направления индуцированных токов! Но в конце концов он вывел два правила:

1. Гальванический ток вызывает в приближаемой к нему параллельной проволоке ток противоположного направления, а в удаляемой — ток того же направления.
2. Магнит вызывает в перемещающемся возле него проводнике ток, зависящий от направления, в котором проводник в своем движении пересекает магнитные линии.

С момента открытия Эрстедом влияния электрического тока на магнитную стрелку исследователей стала преследовать мысль: а нельзя ли решить и обратную задачу — превратить магнетизм в электричество? Во Франции над этой задачей ломали себе голову Ампер и Араго. В Швейцарии — профессор механики Женевской академии Жан Даниэль Колладон. В Америке — молодой физик Джозеф Генри, известный как создатель одного из самых сильных электромагнитов в мире. В Англии той же проблемой занимался Фарадей.

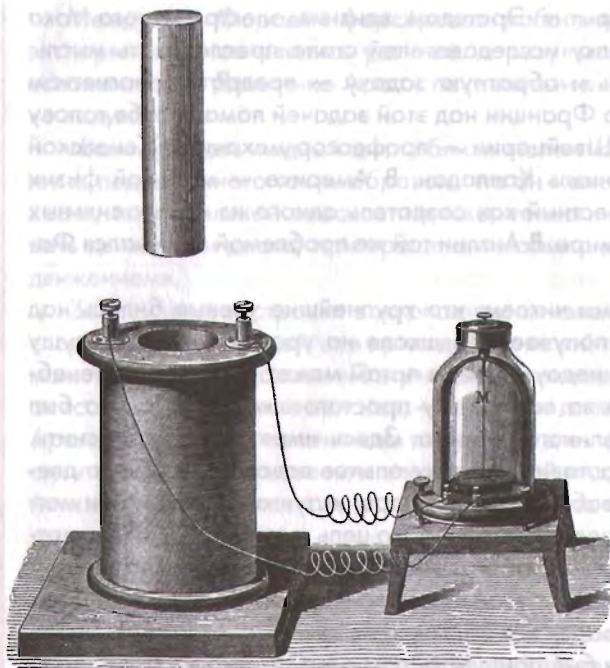
Сегодня, когда мы читаем, что крупнейшие ученые бились над тем, что так легко получается в школе на уроках физики, в душу проникает сначала недоумение, а потом может родиться и пренебрежение к тем, кто за постановку простого школьного опыта был удостоен звания великого ученого. Здесь имеет смысл объяснить, что в те времена поставить дюжину опытов вовсе не означало двенадцать раз взять необходимые приборы, катушки с проводом и магниты, составить нужную электрическую цепь и записать значения отклонений стрелок на приборах. А потом на основании известных законов рассказать, что в этой цепи происходит.

Во времена Фарадея все обстояло не так. Мало того, что экспериментатор должен был придумать сам опыт. У него не было никаких приборов. Их тоже предстояло изобрести. В лабораториях мира не существовало даже изолированной проволоки. И никто ни малейшего представления не имел о тех законах, по которым должно развиваться электрическое воздействие и реакция электрической цепи. Все это предстояло еще открыть.

Ампер первым предположил, а потом и доказал, что вокруг проводника с током образуется магнитное поле. Так он объяснил причину эффекта, обнаруженного Эрстедом. Исследователи сразу подумали: если постоянный ток в проводнике наводит постоянное магнитное поле, то почему бы постоянному магнитному полю не навести в проводнике постоянный ток? Надо только найти правильное расположение того и другого и подобрать достаточно сильный магнит...

Сегодня, пожалуй, каждый знает, что, будь это именно так, мы получили бы вечный двигатель, работающий без потребления энергии, что абсурдно.

Установить же в наши дни, кто первым заметил эффект наведения тока в проводнике магнитным полем, довольно трудно. Рассказывают, что швейцарский профессор Колладон, намотав на один каркас две обмотки и включив во вторую гальванометр, заметил, что стрелка прибора дергается при включении в первичную обмотку



Опыт,
демонстрирующий
явление магнитной
индукции

электрической батареи. «Может быть, что-то трясет прибор?» — подумал Колладон и... отнес гальванометр в другую комнату. Теперь, замкнув рубильник, он вынужден был ходить из одного помещения в другое. И когда доходил до прибора, стрелка всегда стояла на нуле.

Некоторые историки науки уверяют, что американец Джозеф Генри первым заметил, как при движении магнита возле проводника в проволоке появляется электрический ток. Он даже собирался написать об обнаруженном явлении статью. Да все откладывал, поскольку именно в это время вел переговоры с Принстонским колледжем, где собирался занять место профессора физики... И упустил время. В Америку пришел журнал со статьей Фарадея. Тем не менее Джозеф Генри был, бесспорно, очень способным исследователем. Год спустя он открыл явление самоиндукции и экстратоки. Сделал и несколько интересных исследований разряда конденсаторов...

Тайна «Р. М.»

Возвратившись 26 июля 1832 года после выходных в Лондон, Фарадей нашел в почтовом ящике письмо. Открыв конверт, ученый посмотрел на подпись. Там стояли лишь две буквы: «Р. М.». Ну что

же, он не раз получал послания от незнакомых людей. И Фарадей углубился в чтение.

«Сэр! — писал неизвестный. — Прочитав в отчетах института Ваш интересный доклад о магнетизме, я сделал попытку провести эксперимент, который удался мне сверх моих ожиданий, и я думаю, что если его провести в более широком масштабе, то он дал бы много интересного...» Дальше анонимный экспериментатор описывал техническую модель магнитоэлектрической машины переменного тока, с помощью которой ему удалось получать искры и разложить воду на кислород и водород.

Фарадей был поражен. Основные принципы машины были абсолютно правильны, а ее конструкция настолько продуманной, что становилось ясно: автор письма, видимо, не только знающий человек, но и недюжинный конструктор. Уже на следующий день ученый отправил полученное письмо в редакцию журнала, сопроводив его собственной припиской:

«Джентльмены! — писал Фарадей. — Вчера по возвращении в город я нашел закрытое письмо. Оно анонимное, и я не имею возможности назвать его автора. Осмелюсь думать, что лицо, написавшее письмо, ничего не имеет против его опубликования; со своей стороны я не хотел бы быть исключительным обладателем этого анонимного научного сообщения из опасения, чтобы в свое время, в будущем, из этого не возникло недоразумения касательно даты сообщения. Однако, если вы опубликуете письмо, то сообразоволю передать от меня благодарность его автору.

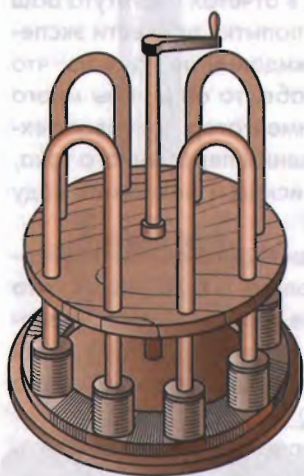
Примите и пр., М. Фарадей
Королевский институт
27 июля 1832 г.»

Оба письма были опубликованы вместе. И вскоре уже в издательство пришло письмо, подписанное все теми же инициалами «Р. М.». В нем выражалась благодарность Фарадею и содержались предложения по совершенствованию первоначальной модели.

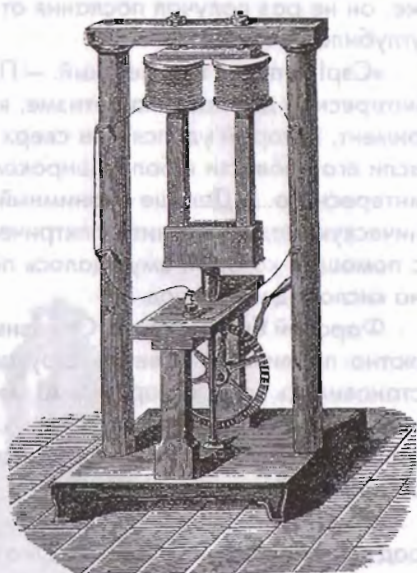
Судя по рисунку и описанию «Р. М.» все его мысли имели удивительно правильное направление. Но кто же был конструктором и единственным автором писем?..

Всякая тайна привлекает к себе внимание людей. И загадка имени «Р. М.» отчасти также послужила тому, что проблемой создания магнитоэлектрической машины заинтересовалось большее количество изобретателей и ученых.

В том же 1832 году в Падуе профессор физики и механики местного университета построил магнитоэлектрическую машину переменного тока, основанную на принципе возвратно-поступательного дви-



Модель усовершенствованного генератора «Р. М.»



Магнитоэлектрическая машина Пикси

жения. Он предполагал, что подобное устройство «может сделаться подходящим взрывным аппаратом», поскольку ему «удавалось извлекать из него изрядные электрические искры». Были предложены и другие, схожие конструкции, однако возвратно-поступательный принцип поршня паровой машины распространения не получил. Первенство осталось за вращающимся якорем.

Общим «недостатком» предложенных генераторов считалось то, что они дают переменный ток, тогда как для современного практического применения, как-то телеграфии, электрохимии и первых двигателей, ток нужен был постоянный. Поэтому когда два французских изобретателя, братья Пикси, в том же 1832 году применили так называемое «коромысло Ампера» для превращения переменного тока в пульсирующий, но постоянного направления, их предложение удостоилось двух заседаний Парижской академии наук.

Машина Пикси поражала современников своими размерами — один только подковообразный магнит ее весил около ста килограммов. Имела она и приспособление для выпрямления тока.

Некоторые историки считают, что, несмотря на свою кажущуюся примитивность, конструкция Пикси является прообразом вообще всех будущих динамо-машин, то есть устройств, которые служат для

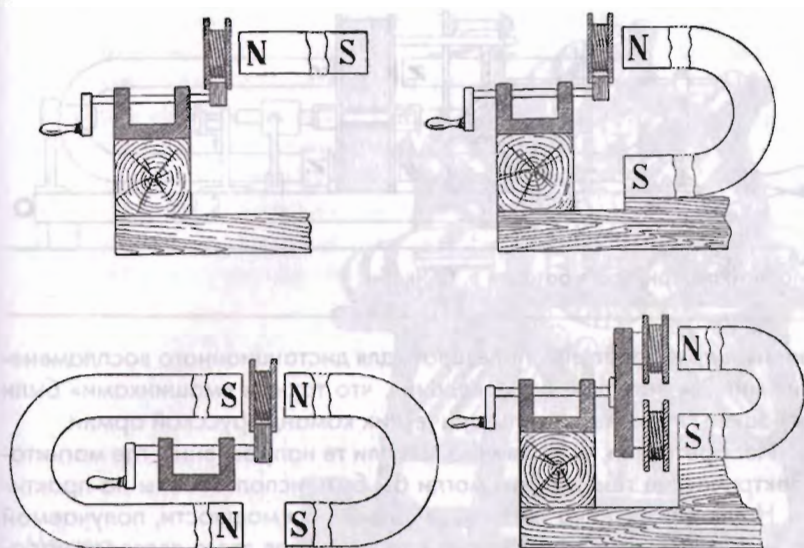


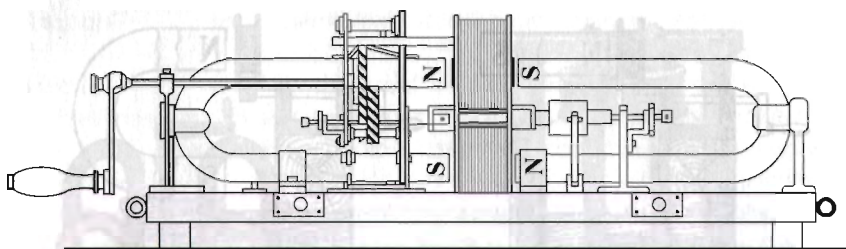
Схема устройства первых генераторов

превращения механической энергии (энергии движения) в энергию электрическую.

Похожую в принципе машину сконструировал в Лондоне профессор Уильям Риччи. И вообще с этого момента началась работа многих изобретателей над созданием магнитоэлектрических генераторов, в которых генерация тока происходила либо за счет движения катушек в поле постоянных магнитов, либо, наоборот, — перемещения магнитов относительно неподвижно установленных катушек.

Все первые машины были уникальными конструкциями. Каждый изобретатель старался внести в них что-то свое, что-то новое. Да и возможностей для этого поначалу было предостаточно. Однако со временем сумма технических знаний, необходимых для постройки телеграфа, гальванотехнических устройств, электрогенераторов и первых ламп дугового освещения, начала складываться в особую отрасль — электротехнику. Она быстро обростала новыми открытиями и законами, превращаясь в техническую науку.

Постепенно изобретатели перешли от вращения тяжелых магнитов к неподвижному их закреплению, а вращать стали более легкие катушки. Но все это до начала сороковых годов были лишь лабораторные модели. Первый магнитоэлектрический генератор, пригодный для практического использования, предложил в 1842 году Борис Семенович Якоби. Он назвал его «магнитоэлектрической бата-



Магнитоэлектрическая батарея Б. С. Якоби

реей» и предполагал использовать для дистанционного воспламенения минных запалов. Есть сведения, что такими «машинками» были оснащены несколько «гальванических команд» русской армии.

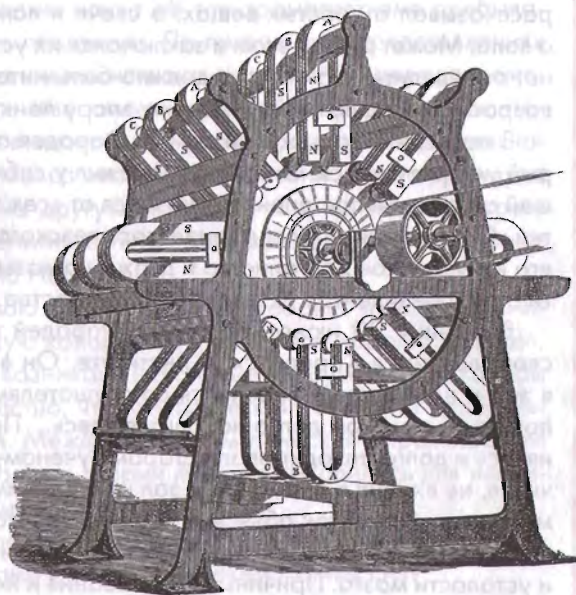
Изобретатели, естественно, искали те направления, где магнитоэлектрические генераторы могли бы быть использованы на практике. Но любая техника требовала повышения мощности, получаемой от машины. Наиболее простым способом для этого являлось наращивание количества постоянных магнитов. И вот в Париже организовалась «Компания Альянс», которая специализировалась на выпуске магнитоэлектрических генераторов для питания дуговых ламп на маяках. На массивной чугунной станине в несколько рядов неподвижно укреплялись подковообразные магниты, между которыми на вращающихся дисках были укреплены катушки-якоря. Для привода каждого такого генератора требовалась паровая машина мощностью до десяти лошадиных сил. Опыт эксплуатации французских машин показал те недостатки, которые были присущи магнитоэлектрическим машинам вообще. Тут и сильный нагрев катушек, из-за которого нарушалась изоляция провода, и то, что машины были громоздкими, тяжелыми и дорогими, а постоянные магниты быстро размагничивались.

Майкл Фарадей. Закат жизни

Конечно, Фарадей занимался не только опытами. Он много работал, но умел со вкусом и отдыхать, время от времени отправляясь с женой по традиции в Бат или Брайтон на модные курорты.

«Он не любил светского общества, но театр привлекал его и приводил в лихорадочное опьянение, — пишет французский физик Дюма. — Закат солнца в деревне, буря на морском берегу, альпийские туманы возбуждали в нем живейшие ощущения; он понимал их, как художник, бывал взволнован, как поэт, или анализировал их, как ученый. Взгляд, слово, жест — все выдавало в таких случаях тесную связь его души с душой природы».

Машина
французской
компании «Альянс»



Фарадей был чужд зависти и сомнения, нередко встречавшихся в среде ученых. Не получив систематического образования, он всю жизнь стремился к самосовершенствованию. И «его совершенство, — как говорил тот же Дюма, — которое, как я думал, было у него врожденным, было плодом постоянного самонаблюдения и непреклонной душевной твердости». Когда его назначили директором лаборатории в Королевском институте и ему, как профессору, предстояло читать лекции, Фарадей целый год учился ораторскому искусству, учился четко и ясно излагать свои мысли. Он просил друзей указывать ему на неточности и ошибки, которые допускал на лекции. А его ассистент обязан был не только следить за ходом его изложения, но и время от времени класть на кафедру перед ним карточки с надписью «Помедленнее», если он начинал торопиться, или «Заканчивайте», когда он увлекался. «Зачем столько подготовки к тому, чего лучше вас не знает никто из слушателей?» — спрашивали его. «Мало самому знать, — кротко отвечал Фарадей, — нужно уметь передать свои знания другим».

Фарадей любил читать лекции. Для детей он вел рождественский цикл, рассказывал о химии, физике, об электричестве и о теплоте. Его книжка «История свечи» — непревзойденный шедевр научно-популярной литературы. Именно при Фарадее рождественские лекции для детей в Королевском институте стали традицией. Ученый

рассказывал о простых вещах: о свече и лампе, о печной трубе и о золе. Может быть, в этом и заключался их успех? Ведь это так важно: определить, что именно должно быть интересно человеку в его возрасте, сегодня, и что будет ему впору понять и усвоить завтра.

В последние годы жизни память Фарадея стала ослабевать, острый ум притуплялся. Он сам обнаружил у себя признаки подступившей старости и постепенно отказался от всех занимаемых должностей. Он отклонил предложение королевского двора о возведении его в рыцарское достоинство и дважды отказывался от высокой чести стать президентом Королевского общества.

В пятницу 20 июня 1862 года Фарадей на середине прервал свою лекцию в Королевском институте. Он внимательно вгляделся в зал и неожиданно поделился со слушателями мыслью о том, что, пожалуй, слишком долго находится здесь... Присутствовавшие поднялись и долго аплодировали старому ученому. Больше Фарадей не читал, не входил в лекционный зал и не поднимался на кафедру. Дома в дневнике он так объяснил причину своего ухода: «Здесь я провел счастливые годы, но настало время уйти из-за потери памяти и усталости мозга. Причины: 1) колебания и неопределенность в доказательствах, на которых лектор должен настаивать; 2) неспособность извлечь из памяти ранее накопленные сокровища знаний; 3) тускнеют и забываются прежние представления о своих правах, чувстве собственного достоинства и самоуважения; 4) сильная потребность поступать справедливо по отношению к другим и неспособность сделать это. Удалиться».

Какую силу духа и стойкость надо было иметь для такого вывода и поступка! Фарадею было в то время семьдесят лет.

«Ученый должен быть человеком, который выслушивает любое предположение, но определяет его справедливость сам. Внешние признаки явлений не должны связывать суждений ученого, у него не должно быть излюбленной гипотезы, он обязан быть вне школ и не иметь авторитетов. Относиться почтительно он должен не к личностям, а к предметам. Истина должна быть главной целью его исследований. Если к этим качествам еще добавится трудолюбие, то он может надеяться приподнять завесу в храме природы», — писал Майкл Фарадей.

Он «изменил весь аксиоматический базис науки»

Эти слова Альберта Эйнштейна относятся к Джеймсу Клерку Максвеллу, гениальному ученому, создавшему теорию электродинамики.

В середине XIX столетия наука об электромагнетизме пребывала в довольно путаном состоянии. По-прежнему в представлениях о природе электричества и магнетизма существовали предположения о двух видах неких невесомых жидкостей, подчиняющихся, подобно силам тяготения в ньютоновой философии, принципу дальнего действия. Если каждая масса оказывала мгновенное действие через пустое пространство на другую массу, то как же надо смотреть на электрические и магнитные тела? Ведь закон Кулона по своему виду — аналогия закона Ньютона...

Ампер построил свою математическую теорию электродинамики, приняв ньютоновскую концепцию. И все было хорошо. Правда, кое у кого временами возникали некоторые недоумения, ну хотя бы по такому поводу: известно, что электрический ток может идти только по замкнутому пути. Между тем математические выражения для взаимодействующих токов в теории Ампера выводились для изолированных и незамкнутых элементов токов...

Или наивный вопрос Фарадея: почему железные опилки выстраиваются между полюсами магнитов по неким линиям сил?

Согласно принципу дальнего действия, сила притяжения магнита — это просто свойство материи... Притяжение магнита, как и всемирное тяготение, должно было мгновенно преодолевать любое расстояние. Но почему же тогда образуются силовые линии между магнитными полюсами? Ведь они явно показывают, что пространство между полюсами не есть пустота, через которую мгновенно распространяется сила притяжения... Поневоле напрашивалось сомнение: может быть, для магнита неверен сам принцип дальнего действия?.. Если согласиться с этим, все становится на свои места. Невесомая магнитная жидкость действует в пространстве между полюсами, выстраивая железные опилки от одной к другой по пути, заданному средой... Сторонники дальнего действия возражали: какая среда может быть в пустоте? Силовые линии — это просто направления равнодействующих магнитных сил в пространстве.

Ученых, несогласных с новой постановкой вопроса, было много. И среди них — очень авторитетные исследователи. Силовые линии Фарадея, не владеющего математическим языком, были, конечно, наглядны. Но их грубый качественный материализм отталкивал сторонников сложной, но тонкой и изящной математики Ампера.

Спор становился сложнее, когда возникал другой вопрос: почему одни и те же пластины, разделенные диэлектриком (сегодня мы назвали бы их конденсатором), заряжаемые от одной и той же электрической машины, накапливают разный заряд при разных диэлектри-

ках?.. Разве это не означает, что в промежутке между пластинами, в диэлектрике, в том числе и в вакууме, происходит некое смещение?

«О каком токе смещения в пустоте может идти речь?» — возражали оппоненты. Теоретики писали новые уравнения, громоздили сложные формулы друг на друга... Но в результате, когда речь заходила

о промежуточной среде, оказывались в тупике. Получалось, что для объяснения накапливающихся противоречий нужен был новый физический подход к наблюдаемым явлениям, возможно, — новая модель среды или пространства, в котором действуют магнитные силы.

Молодой профессор Маришаль-колледжа в шотландском городе Абердине, Джеймс Клерк Максвелл, тоже не мог принять грубые железные опилки Фарадея за материальные аналогии линий сил, заполнявших пространство. Ему больше импонировала гипотеза о том, что они лишь указывают направление, по которому среда испытывает определенное напряжение... Напряжение же это создается, как позже предположил Максвелл, токами смещения. Ведь уже Ампер, говоря о том, что каждый ток в проводе порождает вокруг себя магнитные

силы, фактически уходил от понятия пустого «ничто» и от принципа дальнего действия, хотя и не признавал этого...

И Максвелл решительно порывает с дальним действием. Он задумывает так описать математически линии магнитных сил, чтобы это не противоречило основным электромагнитным идеям. В 1857 году в «Трудах Кембриджского философского общества» появляется его статья «О фарадеевских линиях сил» — 56 страниц математики. Максвелл разослал свою статью по списку всем британским физикам, занимающимся вопросами электродинамики. Однако надо признать, что эта работа, по сути, — программа его исследований в области электричества на всю жизнь, особого внимания не привлекла. Разве что друг семьи и старший коллега Максвелла профессор Уильям Томсон (будущий лорд Кельвин) поздравил его с успехом. Большинство же коллег, признавая за автором виртуозное владение математическими методами, недоумевали. «Почему бы профессору Максвеллу, — говорили они, — не применить свои математические способности для уточнения и совершенствования уже существующей теории? Чего ради он бьется над измышлениями бывшего переплетчика, не владеющего языком науки?» (Так, несмотря на признание, кое-кто из снобов от науки называл Фарадея.) Но Максвелл



Джеймс Клерк
Максвелл
(1831–1879)

и не надеялся особенно на отзывы. И тем больше была его радость, когда почтальон принес ему письмо от самого Фарадея. Старый ученый благодарил молодого коллегу за его работу, добавив в конце послания: «Я поначалу испугался, увидев, какая мощная сила математики приложена к предмету, а затем удивился тому, насколько хорошо предмет ее выдержал...» Фарадей прислал Максвеллу и свою статью, из которой тот понял, что мэтр сам не полностью уверен в идее близкодействия. Его силовые линии не подходили для описания природы тяготения. Неясной была и скорость распространения «электротонического состояния», как называл Фарадей магнитное поле...

В ответном письме Максвелл писал:

«Дорогой сэр... Сейчас, насколько мне известно, Вы являетесь первым человеком, у которого возникла идея о том, что тела действуют друг на друга на расстоянии посредством обращения окружающей среды в состоянии напряжения, идея, в которую действительно следует поверить. У нас были когда-то потоки крючочков, летающих вокруг магнитов, и даже картинки, на которых изображены окруженные ими магниты; но нет ничего более ясного, чем Ваше описание всех источников силы, поддерживающих состояние энергии во всем, что их окружает, состояние, усилением или ослаблением которого можно измерить проделанную в системе работу. Мне кажется, что Вы ясно видите, как силовые линии огибают препятствия, гонят всплески напряжения в проводниках, сворачивают вдоль определенных направлений в кристаллах и несут с собой везде все то же самое количество способности к притяжению, распределенной более разреженно или густо, в зависимости от того, расширяются эти линии или сжимаются... Но когда мы встречаемся лицом к лицу с вопросом о гравитации... имеет ли она какое-нибудь отношение к электричеству? Или она покоится в самых глубинных фундаментах материи, массы или инерции? — тогда мы ощущаем необходимость экспериментов...

Я только попытался сейчас показать Вам, почему я не считаю гравитацию опасным объектом в смысле применения Ваших методов. Вполне возможно и на нее пролить свет, воплощая те же идеи, которые математически выражаются функциями Лапласа и сэра В. Р. Гамильтона в планетарной теории...

Искренне Ваш
Джеймс Клерк Максвелл».

Фарадей был благодарен молодому математику за его слова, поскольку мало кто из окружающих понимал и принимал его идеи. Он тут же ответил:

«Профессор Фарадей — проф. Максвеллу.
Альбермарл-стрит, Лондон, 13 ноября 1857.

...Ваше письмо для меня — это первый обмен мнениями о проблеме с человеком Вашего образа мышления. Оно очень полезно для меня, и я буду снова и снова перечитывать его и размышлять над ним...

Есть одна вещь, о которой я хотел бы Вас спросить. Когда математик, занятый исследованием физических действий и их результатов, приходит к своим заключениям, не могут ли они быть выражены общепонятным языком так же полно, ясно и определенно, как и посредством математических формул?

Я думаю, что это так и должно быть, потому что я всегда обнаруживал, что Вы могли донести до меня абсолютно ясную идею Ваших выводов, которые даже без понимания шагов Вашего математического процесса дают мне результаты не выше и не ниже правды, причем настолько ясные в своей основе, что я могу над ними думать и с ними работать».

Максвелл понимал, что для пояснения его математических описаний он должен придумать некую наглядную модель окружающей среды, которая способна приходить в «электротоническое состояние» и передавать свое воздействие на расстояние по линиям сил. Он пишет еще несколько статей и в конце концов приходит к созданию модели. Среда, в которой распространялись магнитные силовые линии, представлялась ему как совокупность множества крохотных вихревых токов, непрерывно вращающихся в одном направлении. Они и создавали магнитное поле.

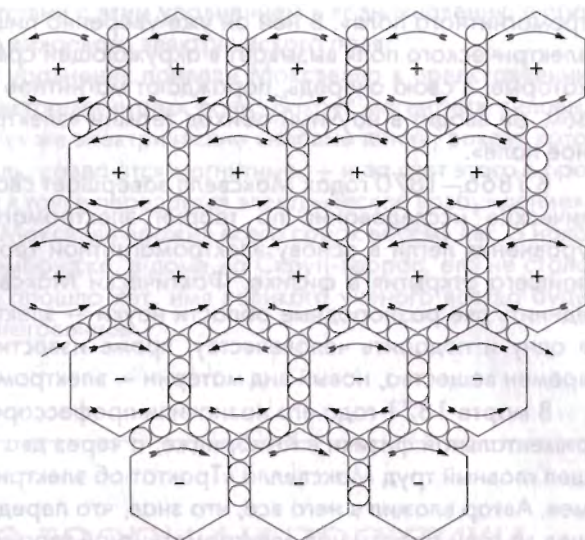
Механический аналог среды состоял из вращающихся шестеренок, аналогичных вихревым молекулярным токам, с промежуточными сателлитами.

Вихревые токи Максвелла довольно долго не находили сторонников. Даже Фарадей сомневался в их правомерности.

Но условная «грубая» модель Максвелла демонстрировала электрическое притяжение и отталкивание, убедительно показывала, что магнитное поле должно действовать перпендикулярно движению тока. Более того, она требовала, с изменением электрических сил, появления магнитного поля, то есть явления, симметрично го индукции, открытой Фарадеем...

Разумеется, Максвелл не считал свою модель реальным отражением действительности. В одной из статей он писал, что модель ему была нужна только для того, чтобы «вывести математические соотношения между электротоническим состоянием, магнетизмом, электрическими токами и электродвижущей силой, используя механические иллюстрации для того, чтобы помочь воображению, но не в качестве объяснения явлений».

Механическая
модель Максвелла
для объяснения
электромагнитных
явлений



К этому времени постепенно к Максвеллу приходит признание. В 1860 году он из провинциального Абердина по конкурсу переходит в Кингс-колледж Лондонского университета на кафедру натуральной философии (сегодня мы сказали бы — на кафедру физики). Он занимается не только электродинамикой. Максвелл исследует свет, пишет прекрасную работу «Теория трех основных цветов» и в 1861 году демонстрирует в Королевском институте результаты своих опытов. За эти работы ему присуждают почетную медаль Румфорда.

В том же году, за неделю до своего тридцатилетия, Джеймс Клерк Максвелл не без волнения надевает мантию члена Лондонского королевского общества.

В то же время его математическая теория среды, пронизанной электрическими и магнитными силами (не будем забывать, что Максвелл был физиком-теоретиком и блестящим математиком), открывала ему все новые свои стороны. Так получалось, что попеременное возникновение электрического и магнитного поля в среде должно описываться волновыми уравнениями. А это очень близко соприкасалось с его исследованиями световых явлений.

В октябре 1861 года он писал Фарадею, что если свет действительно является волновым процессом, то многие его свойства и оптические явления можно и объяснить по-новому. А это могло бы значительно облегчить расчеты и создание оптических приборов...

В 1864 году Максвелл выпускает в свет последнюю из трех основных статей по электромагнетизму — «Динамическая теория элек-

ромагнитного поля». В ней он уже уверенно пишет, что изменение электрического поля вызывает в окружающей среде токи смещения, которые, в свою очередь, порождают магнитное поле. Таким образом, он вводит в научный обиход термин «электрическое и магнитное поле».

В 1866—1870 годах Максвелл завершает свои основные теоретические исследования по теории электромагнитного поля. Его уравнения легли в основу электромагнитной теории света — величайшего открытия в физике. Фактически Максвеллу удалось объединить две разнородные области науки — электричество и свет — в одну и подарить человечеству, кроме известного с древнейших времен вещества, новый вид материи — электромагнитное поле.

В марте 1871 года его назначили профессором кафедры экспериментальной физики в Кембридже, а через два года из печати вышел главный труд Максвелла «Трактат об электричестве и магнетизме». Автор вложил в него все, что знал, что передумал и к чему пришел за годы работы над электромагнитной теорией.

Правда, многие были разочарованы. Работа Максвелла оказалась чрезвычайно трудной для восприятия. Стиль его изложения был сложным, а уравнения, ради которых все было задумано, тонули в промежуточных выкладках и дополнительном материале.

Позже Генрих Герц и Оливер Хэвисайд «очистили» их и из двенадцати уравнений оставили только четыре.

Однако и по сей день в электродинамике нет ни одного явления, которое бы противоречило или не укладывалось в эту систему из четырех равенств. Вряд ли имеет смысл писать их математические выражения. Читатель легко найдет их в любом учебнике по электродинамике. А вот физический смысл, возможно, стоит напомнить. Наиболее просто и лаконично он описан в книге В. П. Карцева «Максвелл» (М.: Мол. гвардия, 1974).

«Первое уравнение означает, что электрическое поле образуется зарядами, и силовые линии этого поля начинаются и кончаются на зарядах.

Второе уравнение постулирует замкнутость магнитных силовых линий, отсутствие свободных магнитных зарядов. Магнитные силовые линии нигде не начинаются, нигде не кончаются — они замкнуты.

Третье уравнение говорит о том, что магнитное поле создается током, включающим в себя открытый Максвеллом ток смещения. Это обобщение и дополнение всей электродинамики Ампера.

Четвертое уравнение отражает закон электромагнитной индукции Фарадея — возникновение электрического поля за счет изменения индукции магнитного поля. Любые изменения магнитного поля

приводят в соответствии с этим уравнением к возникновению в пространстве особого вихревого электрического поля.

Два последних уравнения привели Максвелла к представлению существования электромагнитных волн. Вокруг магнитных силовых линий возникают тут же электрические силовые линии, вокруг которых, в свою очередь, создаются магнитные, — и за счет этого в пространстве от точки к точке передается электрическое возбуждение».

Джеймс Клерк Максвелл прожил всего сорок восемь лет. 5 ноября 1879 года в Кембридже, в доме на Скруп-Террас, его не стало. Но сколько бы ни прошло лет, имя великого ученого всегда будут произносить с благоговением.

Глава 9

Единство теории и практики

На службе второму отечеству

Познакомившись с работами Фарадея, многие исследователи занялись конструированием электродвигателей. Сначала это были модели, совершающие возвратно-поступательное движение, как в паровой машине, затем появились малоперспективные двигатели с качающимися якорями. Ни для кого не секрет, что главными промышленными процессами, распространенными в мире, являются процессы механические. А следовательно, задача обратного превращения электрической энергии в механическую была весьма актуальной. Именно ее решение могло вывести электричество из стен лабораторий и превратить из физической забавы в подлинную и столь необходимую человечеству силу. Для этого требовалось совсем «немногое» — изобрести электрический двигатель. Для промышленного использования электродвигателя в различных станках и механизмах желательно было получить вращательное движение якоря.

Летом 1839 года празднующиеся гуляки облепили набережную Невы, ибо узрели чудо. От Петропавловской крепости удалялась двенадцативесельная шлюпка с единственным пассажиром. На корме сидел плотный невысокий господин в цивильном костюме. Тонкие губы крепко сжаты, брови насуплены. Несколько дружных гребков — и шлюпка на середине реки. По команде матросы осушили весла. Пассажир, сказав несколько слов с сильным немецким акцентом, нагнулся и стал колдовать над ящиком, уставленным стек-

Генрих Фридрих Эмиль Ленц, или Эмилий Христианович Ленц, как его называли позже в Петербурге, родился в 1804 году в городе Дерпте (ныне Тарту). Шестнадцати лет он поступил в Дерптский университет, но учебу не закончил, поскольку в 1823 году был приглашен принять участие в кругосветной экспедиции на шлюпе

«Предприятие» под командованием капитан-лейтенанта Отто Евстафьевича Коцебу. Экспедиция вначале предназначалась для «открытий», но перед самым отправлением Коцебу получил приказание доставить на Камчатку разные грузы, а затем приступить к охране североамериканских российских берегов.

За время путешествия Ленц сумел сделать ряд важных географических исследований, за которые по возвращении получил степень доктора в Гейдельбергском университете. После чего стал преподавать физику в петербургских военных училищах. Уже через год Эмилия Ленца избрали адъюнктом Петербургской академии наук, и он принял предложение участвовать в новой экспедиции, на этот раз на Кавказ «для магнитных, термометрических, барометрических и геогностических наблюдений и исследований

в окрестности Эльбруса». Затем вместе с астрономом Карлом Христофоровичем Кнорре, директором Николаевской обсерватории, производил геофизические наблюдения на берегу Каспийского моря.

В 1830 году Ленц опубликовал результаты своих исследований и отчет о работах во время путешествия. Решением академического совета он был назначен экстраординарным академиком и директором физического кабинета при Академии наук. Здесь он и познакомился с Борисом Семеновичем Якоби. К этому времени относится начало работ Ленца в области электричества и магнетизма.

Общность научных интересов сблизила его с Якоби, связав ученых на всю жизнь тесной дружбой. Они бок о бок трудились в новой, развивающейся области науки об электричестве. Ленц был, как сказали бы мы сегодня, теоретиком. Якоби — экспериментатором и очень изобретательным человеком.

Вместе с Якоби Ленц установил, что любая магнитоэлектрическая машина, которая служит для производства электрического тока, может быть использована в качестве электродвигателя, если через ее якорь, или «арматуру», как тогда говорили, пропускать ток от постороннего источника.



Эмилий Христианович
Ленц
(1804–1865)

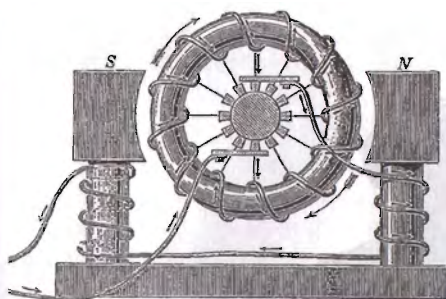
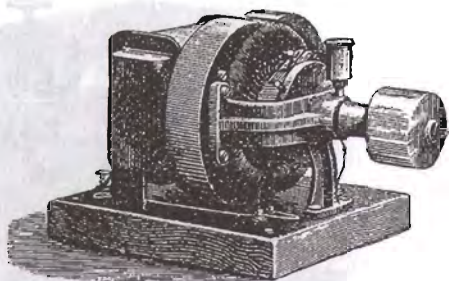


Схема электрической машины
Пачинотти—Грамма



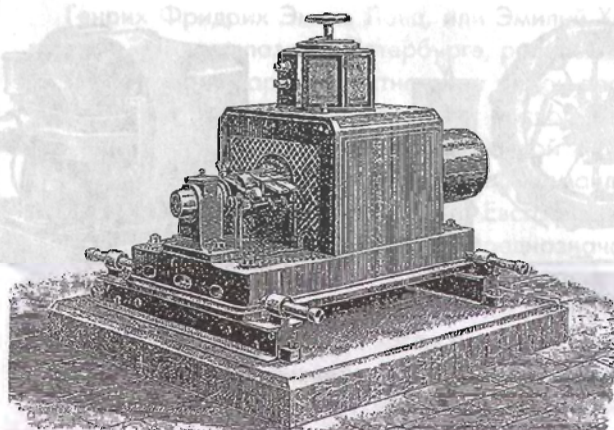
Малый двигатель
Сименса и Гальске

Первые идеи устройства электродвигателя изложил сам Якоби. Он писал: «...Я не мог сначала отрешиться от идеи получить возвратно-поступательное движение, производимое последовательным притягивающим и отталкивающим действием магнитных стержней, а затем уже превратить это возвратно-поступательное движение в постоянное круговое известным в технике способом...» То есть в основу будущего двигателя он положил сначала возвратно-поступательное движение поршня паровой машины. Идея такого движения отнюдь не плоха, она не умерла и в наше время в области так называемых линейных двигателей. Но подлинную техническую революцию в мире совершили, конечно, машины с вращательным движением якоря.

В 40—60-е годы XIX века, несмотря на то что инженеры для превращения электроэнергии в энергию механическую использовали более знакомые генераторы постоянного тока, изобретатели создали немало конструкций именно электродвигателей. Со временем в них стали появляться механические особенности в соответствии с назначением машин, отличающие их от генераторов.

Казалось бы, после такого блестящего начала, каким явилось испытание двигателя на Неве, от Якоби следовало ожидать дальнейшего совершенствования его двигателя. Тем более что слава о нем прокатилась по всей Европе. Однако, подробно описав конструкцию и принцип ее работы, Якоби проанализировал экономическую эффективность своего детища и... пришел к выводу о нецелесообразности его применения. Паровая машина пока что побеждала машину электрическую.

Тем не менее многие конструкторы занимались созданием различных электродвигателей.

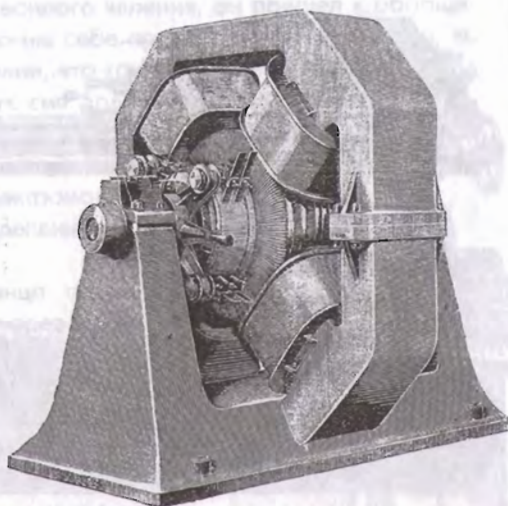


Двигатель
фирмы «Dentsche
Elektricitätswerke»

В 1837 году американский техник Томас Девенпорт тоже построил электродвигатель с вращающимся якорем. Принцип действия его практически ничем не отличался от двигателя Якоби. Только на место неподвижных электромагнитов Девенпорт поставил постоянные магниты и сделал свою конструкцию более компактной. Построили электродвигатели французские конструкторы Пэдж и Штэрер...

Нельзя не отметить конструкцию студента Пизанского университета Антонио Пачинотти. В 1860 году он предложил новый тип якоря с непрерывной обмоткой и коллектор, сохранившийся практически неизменным до настоящего времени. Четыре года спустя, став профессором физики Пизанского университета, Антонио Пачинотти придумал оригинальный электродвигатель с кольцевым зубчатым якорем и самостоятельно обнаружил явление обратимости электродвигателя в генератор. Но он не знал о возможности самовозбуждения и поставил на свою модель слабые постоянные магниты. И на его изобретение — кольцевой зубчатый якорь — особого внимания тогда никто не обратил. Сам же Пачинотти был человеком, далеким от предпринимательства.

Время Якоби и Ленца было сложным для науки об электричестве. Экспериментаторы накопили множество разнообразных сведений о явлениях, а объяснения им не находили. В ту пору большинство электромагнитных явлений объяснялось наличием «невесомых жидкостей». Так, тепловые явления кое-кто еще принимал за действие сомнительного «теплорода», способного переливаться из одного тела в другое, а проявление магнетизма и электрических сил — за действие «магнитной» и «электрической» жидкостей. При этом физиков все еще смущало то обстоятельство, что электричество можно было «добывать» механически — трением, а также при помощи гальванических элементов, то есть химическим путем. В 1821 году к существовавшим «видам электричества» добавилось еще и термо-

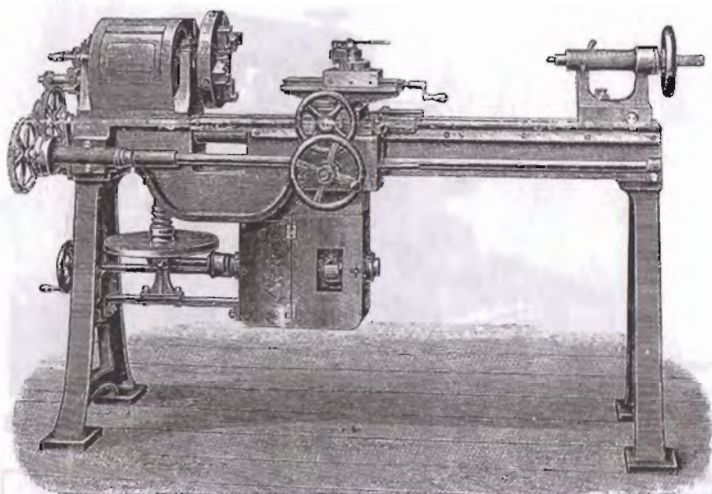


Большой электродвигатель
фирмы «Эрликон»

электричество, открытое Томасом Зеебеком. Затем Фарадей показал, что можно получать электричество индукционным способом...

Многочисленные, плохо поставленные непрофессионалами опыты давали разноречивые результаты и приводили к неверным выводам. Так, одно время считалось, что к токам, полученным путем фарадеевской индукции, не применимы законы, выведенные для гальванических токов от химических элементов. В свою очередь, «гальванические явления» считались отличающимися от «истинно электрических», которые создавались трением и накапливались в лейденских банках. Возникало впечатление, что явления разных электрических сил обуславливаются разными причинами. Одни происходили от «электрического флюида» и «гальванической жидкости», другие — от «индукционной электрической жидкости». В условиях такой путаницы следовало прежде всего проникнуться идеей о единой природе и единых законах для любого электрического тока, подтвердив это экспериментами. Сделать это впервые удалось Ленцу.

Он заметил, что Фарадей дал два правила для одного и того же явления. «Сейчас же по прочтении статьи Фарадея, — писал ученый, — я пришел к мысли, что все опыты по электродинамической индукции могут быть легко сведены к законам электродинамических движений, так что если эти последние считать известными, то этим самым будут определены и первые... Мое представление оправдалось на ряде опытов».



Токарный станок с электродвигателем

И дальше Ленц формулирует свое правило: «Если металлический проводник движется поблизости от гальванического тока или магнита, то в нем возбуждается гальванический ток такого направления, что если бы данный проводник был неподвижным, то ток мог бы обусловить его перемещение в противоположную сторону; при этом предполагается, что покоящийся проводник может перемещаться только в направлении движения или в противоположном направлении».

Сегодня это замечательное правило, сыгравшее огромную роль в истории электричества, формулируется проще: «Индукционный ток имеет такое направление, что его магнитное поле препятствует изменению того магнитного поля, которое вызвало появление индукционного тока».

«Тотчас же по просмотривании мемуара Фарадея, — писал Ленц в докладе Петербургской академии наук 29 ноября 1833 года, — мне показалось, что все без исключения опыты электродинамического распространения (индукционных токов. — А. Т.) могут быть очень простым способом сведены обратно к законам электродинамических движений, так что ежели эти законы известны, то и все явления электродинамических распределений (индукционных токов. — А. Т.) могут быть выведены из них».

После убедительных экспериментов Ленц дал обобщенный закон индукции, о котором речь шла выше, то есть, размышляя о фи-

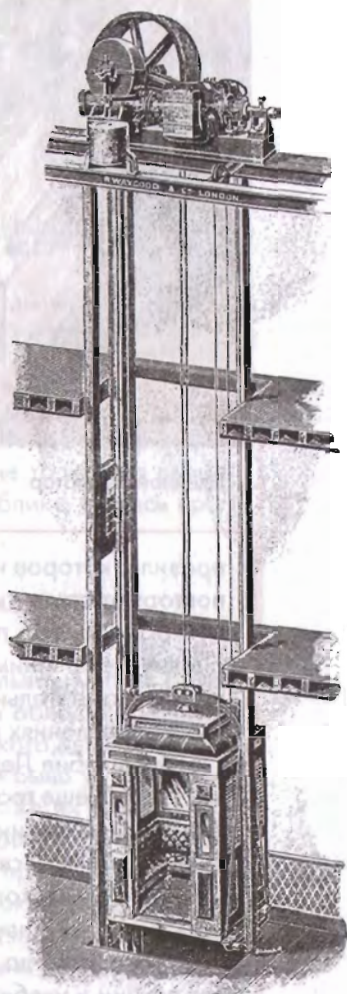
зической сущности исследованного явления, он пришел к обобщению: «Ежели мы хорошо уясним себе приведенный выше закон, то мы сможем вывести заключение, что каждому явлению движения под действием электромагнитных сил должен соответствовать определенный случай электромагнитной индукции». Выражаясь современным языком, можно сказать: каждому электромагнитному явлению соответствует определенное магнитозлектрическое явление.

Многие достижения Ленца опережали время, и о них забывали. А через полвека — открывали вновь, называя краеугольными камнями нарождающейся электротехники.

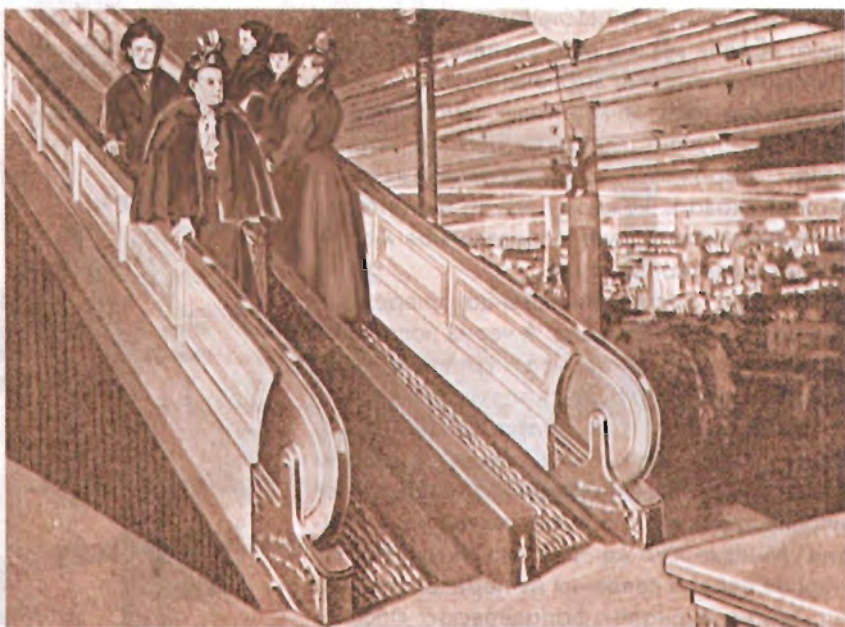
Когда в 1831 году Фарадей открыл новое явление, которое мы сегодня называем электромагнитной индукцией, современники вполне оценили огромное значение открытия. Многие тут же включились в работу, черпая первые сведения из перепечатанных во многих журналах фарадеевских «Исследований по электричеству». Другие горестно сетовали по поводу того, что великий экспериментатор «на самую малость» опередил их собственные работы на ту же тему. Находились и такие, кто пытался представить себя соучастниками события... Между тем строгого понимания сути нового явления не было ни у кого. Даже сам Фарадей делил открытое им явление на два вида — на «магнитозлектрическую» и «вольтаэлектрическую» индукцию. И для определения направления индуцируемого тока давал существенно разные правила в обоих случаях.

Я уже говорил, что многие ученые позволяли себе снисходительно относиться к теоретическим построениям своего английского коллеги. И потому многочисленные эпигоны, не открывая ничего нового, до бесконечности переиначивали формулировки Фарадея и давали свои, подчас совершенно неверные правила для токов.

Ленц подошел к актуальному вопросу со свойственной ему немецкой строгостью и пунктуальностью и вывел свое знаменитое



Электрический лифт



Двойной эскалатор

правило, которое и сегодня наизусть заучивают школьники, а потом повторяют студенты электротехнических вузов.

Кроме работ по электромагнитной индукции Эмилий Христианович Ленц занимался еще множеством других исследований. Все его фундаментальные открытия и труды находились на самых главных направлениях развития молодой науки об электричестве.

Трудолюбие Ленца и разносторонность его интересов невероятны. Он был еще геофизиком и океанографом, университетским профессором и администратором, преподавал во множестве учебных заведений, являлся академиком и непрерывно вел научную работу. Он написал несколько учебников и руководств, которые пользовались большой популярностью и выдержали не одно издание. При этом Ленц никогда не искал выгоды, не наживался на своем таланте. Его лекции и учебники, его научная работа отличались замечательной ясностью и строгой систематичностью. Опыты его были всегда точны, результаты многократно проверены и убедительны. «Приемы, какие Ленц употреблял при своих опытах, — говорили о нем современники, — должны служить нормою для всех других подобных исследований».

Он преподавал в Морском кадетском корпусе, в Михайловском артиллерийском училище, читал лекции в Главном педагогическом институте и возглавлял кафедру физики и физической географии в Петербургском университете. Везде вокруг Ленца теснились молодые люди — ученики и помощники. Все знали независимость его мнений и поступков от внешних влияний. За эти качества характера Эмилия Христиановича часто назначали в комиссии по разным щекотливым вопросам. Избранный сначала деканом физико-математического факультета, он был в 1863 году избран ректором университета. Но пробыл в этой должности недолго. Получив в 1864 году отпуск для лечения, Ленц уезжает за границу и 10 февраля 1865 года скоропостижно умирает в Риме.

Из школы Ленца вышли замечательные ученые, сыгравшие видную роль в развитии физической науки. А сам Эмилий Христианович Ленц в истории физики, в истории науки занимает видное место не только по своим научным результатам, но и по нравственному облику, являясь примером честного и беззаветного служения России.



Малый электродвигатель
фирмы «Allgemeine
Electricitäts-Gesellschaft»

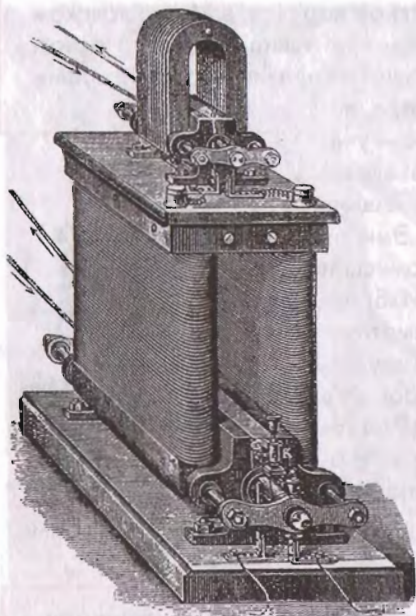
От магнитоэлектрической машины к динамо

В начале все двигатели получали питание от гальванических батарей. А поскольку химические источники тока обладали чрезвычайно малой энергоемкостью, то для практического двигателя требовалось их много... Например, на лодке Якоби было установлено триста двадцать цинково-медных элементов. Позже их удалось заменить шестьюдесятью четырьмя элементами Грове. Но и этого было, конечно, слишком много. Чтобы совершить промышленный переворот, нужны были более мощные источники тока.

Следующей задачей конструкторов стало изобретение достаточно мощных генераторов, способных обеспечить бесперебойную работу электродвигателей.

Сегодня кажется, что очень просто заменить постоянные магниты уже хорошо известными электромагнитами. Но так думаем мы в XXI веке.

Идею подобной машины примерно в одно и то же время выдвинули немецкий полковой врач Вильгельм Зинстеден, предложивший



Один из первых электрогенераторов с самовозбуждением

питать обмотки возбуждения от гальванической батареи, и, независимо от него, датский судебный чиновник Серено Хиорт, изобретатель-любитель. Датчанин, соединив генератор с самовозбуждением и электромагнитный двигатель, заявил, что так может получиться нечто вроде вечного двигателя. Его идею едва не подняли на смех. Еще в 1775 году Парижская академия наук постановила никогда не рассматривать проекты вечных двигателей, объявив их химерой.

В 1856 году к возможности создать генератор с самовозбуждением пришел профессор Пештского университета и действительный член Венгерской академии наук Иштван Аньош Йёдлик. Через три года ему удалось построить действующую модель такого генератора. Но работа носила слишком академический характер да и была, возможно, несколько преждевременной.

Но само предложение построить генератор с электромагнитными обмотками звучало весьма заманчиво на фоне несовершенных постоянных магнитов. И проблема самовозбуждения привлекла внимание конструкторов.

В 1866 году в Манчестере был построен электрогенератор с электромагнитами, заменившими постоянные магниты. Обмотки самовозбуждения питались током от маленькой магнитоэлектрической машины.

Постепенно принцип самовозбуждения завоевывал изобретательскую мысль в разных странах. И чем больше изобретателей занимались конструированием этих машин, тем больше споров и судебных процессов разгоралось вокруг проблем приоритета.

В середине XIX столетия в Германии зародилось крупное электротехническое объединение, которое начинало с выпуска телеграфных аппаратов и немудреных деталей к ним, а затем, когда во главе предприятия встал талантливый изобретатель и предприниматель Эрнст Вернер фон Сименс, занялось изготовлением различного электротехнического оборудования.

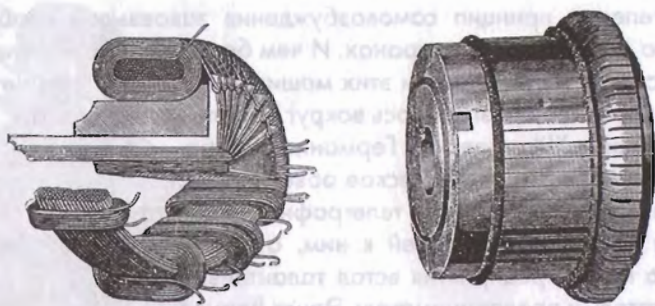
Эрнст Вернер фон Сименс был старшим из четырех братьев-инженеров, внесших существенный вклад в новую отрасль электротехнической промышленности.

Эрнст получил образование в артиллерийской инженерной школе в Берлине и до 1849 года служил в германской армии. Именно там впервые проявилась его изобретательская жилка. И в двадцать пять лет Эрнст Вернер получил привилегию на способ гальванического золочения и серебрения. Для реализации изобретения он в компании с товарищем основывает в Берлине свой первый завод. Дела инженера-предпринимателя Эрнста Вернера фон Сименса пошли весьма успешно. В 1843 году Сименс отправляет двадцатилетнего брата Карла Вильгельма, также инженера, в Англию для организации там отделения берлинского предприятия. Затем к Карлу Сименсу присоединяются и остальные братья — Ганс и Фридрих, также получившие инженерное образование в Германии. Став со временем самостоятельными предпринимателями, все они отличались смелой изобретательской мыслью и предпринимательской хваткой.

В 1844 году правительство командировало Эрнста Вернера фон Сименса в артиллерийские мастерские для совершенствования взрывной техники. Затем его ввели в состав комиссии по строительству телеграфных линий в Пруссии. Это послужило толчком для целого ряда его изобретений, в частности, широко распространенной машины для изолирования проводов гуттаперчей. Вместе с механиком Иоганном Георгом Гальске Сименс основал в Берлине еще один завод по производству телеграфных аппаратов. За последующие годы телеграфные линии фирмы «Сименс и Гальске» связали многие города не только Западной Европы, но и России.



Эрнст Вернер
фон Сименс
(1816—1892)



Кольцевой якорь и коллектор Грамма

Обладая прекрасным чутьем, старший Сименс сразу оценивает значение принципа самовозбуждения для электрических машин и создает один из первых подобных генераторов. Он закрепляет за собой право на изобретение и распоряжается, чтобы его брат Карл Вильгельм взял английский патент. В письме брату он пишет: «...машина будет готова через несколько дней. Сделай и ты изыскания, чтобы Уайльд, который также близок к той же цели, не опередил нас. Магнитное электричество делается дешевым, станет доступным и применимым для освещения, гальванометаллургии и т. д., и даже малые электромагнитные машины, получающие силу от больших, станут весьма полезны...

Берлин, 4 декабря 1866 г.»

И месяц спустя «английский» Сименс представляет в Королевское общество доклад о новом принципе конструирования электрогенераторов.

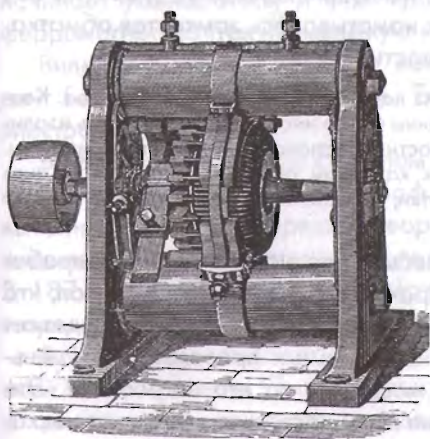
17 января 1867 года от имени Эрнста Вернера Сименса профессор Магнус читает в Берлинской академии наук доклад о принципе самовозбуждения. В целях закрепления приоритета Сименс дает новому принципу название динамоэлектрического, а самовозбуждающийся генератор называет динамо-машиной.

Название приживается, и скоро

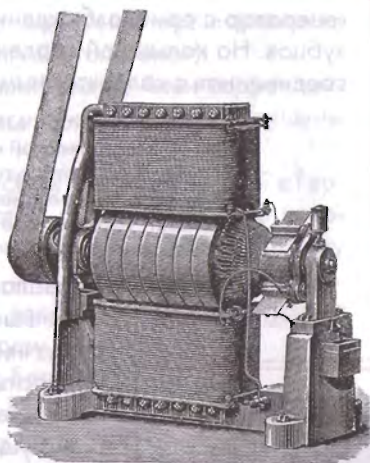
вообще все генераторы постоянного тока начинают называть «динамо». Сименс всячески торопит сборку первого генератора. До него доходят сведения, что почти одновременно патенты на динамо-



Барабанный якорь фирмы «Сименс и Гальске»



Динамо-машина Грамма
с кольцевым якорем



Динамо-машина фирмы «Сименс
и Гальске» с барабанным якорем

машины получили и несколько изобретателей в Англии, где еще в 1863 году интересную конструкцию предложил Генри Уайльд. П-образный электромагнит его генератора питался от отдельного небольшого электромагнитного возбуждителя.

Чтобы представить себе гонку новых изобретений, напомним, что на том же заседании члены Королевского общества выслушали еще один доклад на электротехническую тему. Их коллега Чарлз Уитстон профессор физики Лондонского Королевского колледжа рассказал о параллельном соединении обмоток электромагнитов с цепью якоря. Позже такой генератор получит название шунтовой машины и будет признан более совершенным, но это произойдет лишь лет через десять...

Одним из недостатков первых электрических машин являлась сильная пульсация вырабатываемого тока и быстрый перегрев. Не свободен был от этих недостатков и генератор Сименса и Гальске с двух-Т-образным якорем. Сименс понимал это и поставил перед своими сотрудниками задачу усовершенствовать конструкцию якоря.

В то время во Франции на заводе уже знакомой нам «Компании Альянс» работал столяром Зекоб Теофил Грамм. Занимался он работами по изготовлению электрогенераторов для питания осветительных установок и был, как выяснилось позже, весьма предприимчивым человеком. В июне 1870 года вместе с техником той же фирмы Эрдлем Луи Шарлем д'Ивернуа Грамм выправил патент на

генератор с самовозбуждением, имеющий кольцевой якорь, но без зубцов. На кольцевой сердечник наматывалась замкнутая обмотка, соединенная с коллекторными пластинами.

Слово «коллектор» взято из латыни и означает «собиратель». Коллектор электрической машины не что иное, как совокупность изолированных друг от друга пластин, расположенных на якоре машины. Пластины присоединены к катушкам обмоток ротора, и по ним скользят токосъемные щетки, обеспечивая неподвижный контакт с подвижным якорем.

Машина Грамма оказалась весьма удачной. Пульсация вырабатываемого тока стала меньше. Кроме того, изобретатель писал, что сердечник якоря может быть сплошным, а может набираться из отдельных проволок, что уменьшит потери мощности на его нагревание. Эти преимущества были настолько явными, что вскоре динамо-машины Грамма сильно потеснили на рынке генераторы других типов.

Чтобы выдержать конкуренцию новых генераторов Грамма, Сименсу следовало внести в свою конструкцию какие-то усовершенствования, но так, чтобы оградить себя от патентных исков. Это удалось сделать главному инженеру его фирмы Фридриху Гефнер-Альтенку. Известно, что чем большая поверхность якоря проходит под полюсом электромагнита, тем индукционный ток в нем больше. Гефнер-Альтенек вытянул кольцо Грамма в цилиндр, сделал его в виде барабана, внес еще некоторые изменения, и... предприятие «Сименс и Гальске» при-

ступило к выпуску новых «собственных» генераторов.

Серьезной проблемой для электротехников являлось конструирование магнитной цепи электрической машины. Большинство делало ее «на глазок». Никаких методов расчета не существовало. Но использование большого количества железа означало значительные потери на нагрев вихревыми токами. А если железа оказывалось мало — страдал магнитный поток.

В 1872 году доцент Московского университета Александр Григорьевич Столетов представил для защиты докторскую диссертацию «Исследование о функции намагничения мягкого железа». Работая в лаборатории Густава Кирхгофа в Гейдельберге и у Вильгельма Вебера в Геттингене, Столетов проделал множество опытов. В 1872 году он впервые показал, что при увеличении намагничивающего поля магнитная восприимчивость железа сначала возрастает, а потом



Александр Григорьевич
Столетов
(1839—1896)

начинает уменьшаться, и снял кривую магнитной проницаемости ферромагнетика (так называемую «кривую Столетова»).

Вильгельм Эдуард Вебер — немецкий физик, член-корреспондент Берлинской академии наук. Его основные работы посвящены электромагнетизму.

В 1833 году он вместе с Карлом Гауссом построил первый в Германии электромагнитный телеграф. Затем сделал несколько чрезвычайно важных и интересных теоретических работ. И в 1854 году выдвинул теорию магнитных диполей — элементарных магнитов. В 1871 году Вебер построил первую электронную модель атома и предположил его планетарную структуру.

В 1880 году немецкий физик, член Берлинской академии наук Эмиль Габриэль Варбург открыл явление магнитного гистерезиса.

Гистерезис — термин происходит от греческого слова «отставание». Магнитный гистерезис — это явление запаздывания намагниченности вещества от вызывающей его напряженности магнитного поля. При циклическом изменении напряженности магнитного поля изменение намагниченности изображается петлей гистерезиса.

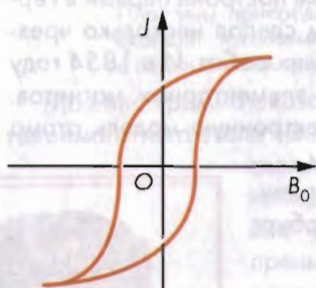
Он доказал, что циклическое перемагничивание железа связано с потерями механической, а следовательно, и электромагнитной энергии. А проявляются эти гистерезисные потери в нагреве. В 1881 году Варбург нашел связь между этими потерями и площадью гистерезисной петли. А американский электротехник

Чарлз Протеус Штейнмец предложил эмпирическую формулу для определения этих потерь. Теперь конструкторы смогли перейти хотя бы к примерному расчету, а следовательно, и к более строгому проектированию. До того конструирование электромагнитов за рамки интуиции изобретателей не выходило. И это, естественно, сдерживало развитие новой техники.

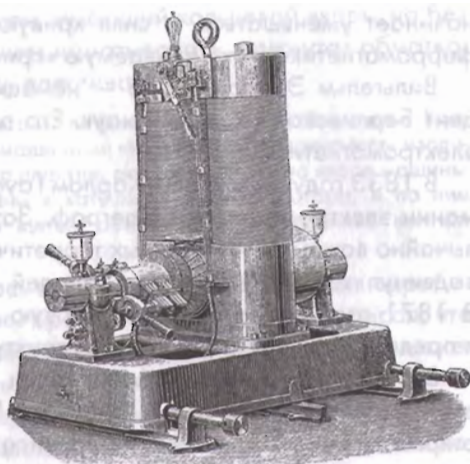
В 1880 году американский промышленник Хайрам Максим, изобретатель автоматической винтовки, скорострельной пушки и станкового пулемета, а также известной модели самолета, предложил усовершенствовать зубчатый якорь Пачинотти, просверлив в нем внутренние каналы для вентиляции. А американский электротехник Томас Алва Эдисон в том же году запатентовал якорь, набранный из отдельных пластин, изолированных друг от друга листами бумаги.



Вильгельм Эдуард
Вебер
(1804–1891)



Петля гистерезиса
для ферромагнетика



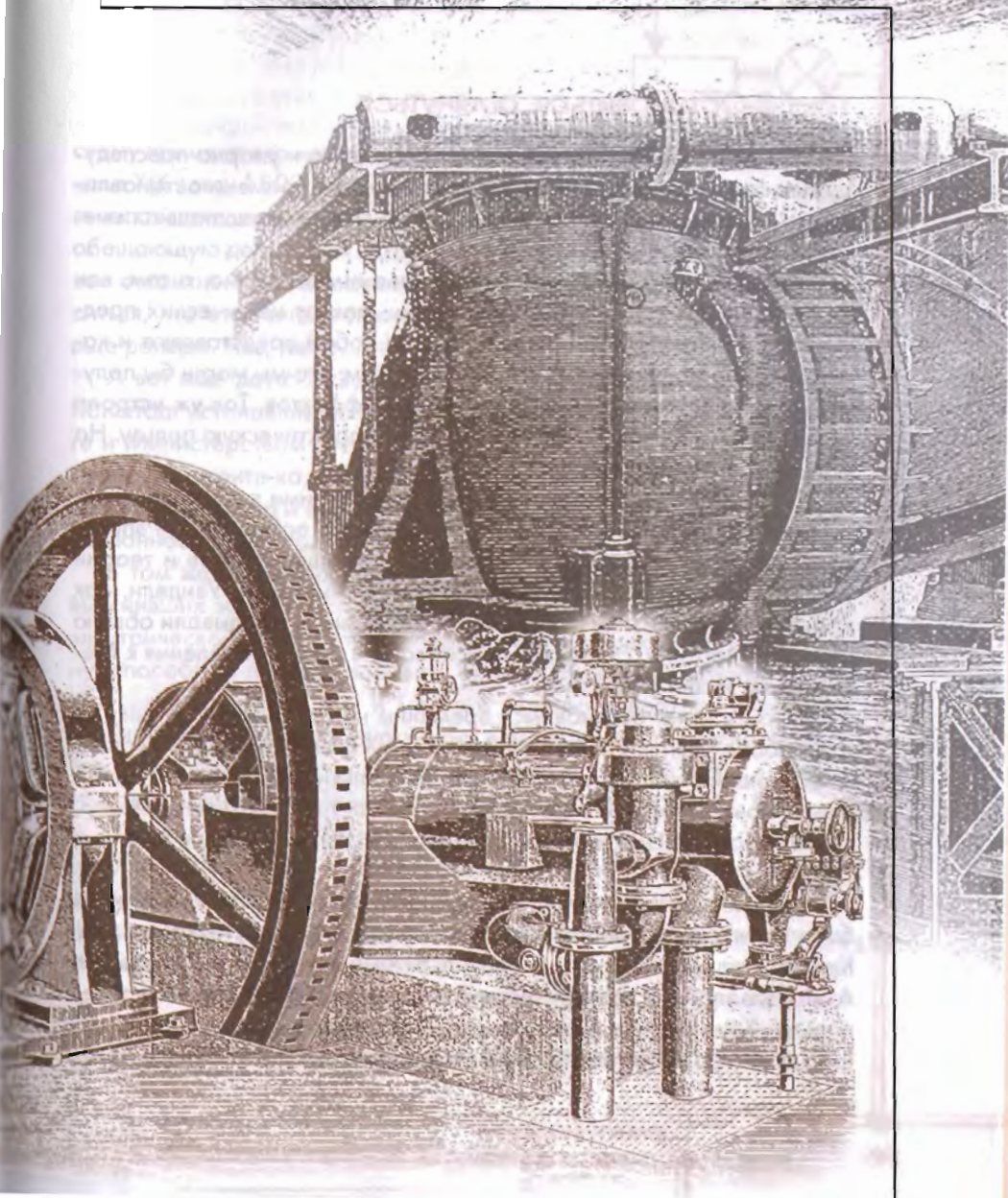
Динамо-машина Эдисона с нижним
расположением якоря

Так, к концу 80-х годов динамо-машина получала все более и более совершенную конструкцию. В дальнейшем электрические машины постоянного тока в основном наращивали мощность и увеличивали диапазон регулирования частоты вращения. Принципиальных изменений в их конструкции уже не происходило. Строили их в основном по индивидуальным проектам или незначительными партиями. И это тормозило их распространение.

В 1932 году в нашей стране были разработаны и построены первые серии машин постоянного тока мощностью свыше 200 кВт. Изготовление крупных машин постоянного тока было сосредоточено в Ленинграде на заводе «Электросила» и на Харьковском электромашиностроительном заводе.

На заводе «Электросила» с 70-х годов выпускался и генератор постоянного тока мощностью 9,5 МВт и с напряжением 930 В, превосходивший по своим техническим данным генераторы постоянного тока во всем мире. Было разработано и испытано оборудование для линии электропередачи постоянного тока протяженностью 2400 км: Экибастуз—Центр с напряжением 750 кВ и мощностью 6300 МВт.

Время применения



Да будет свет!

Остановиться, оглянуться

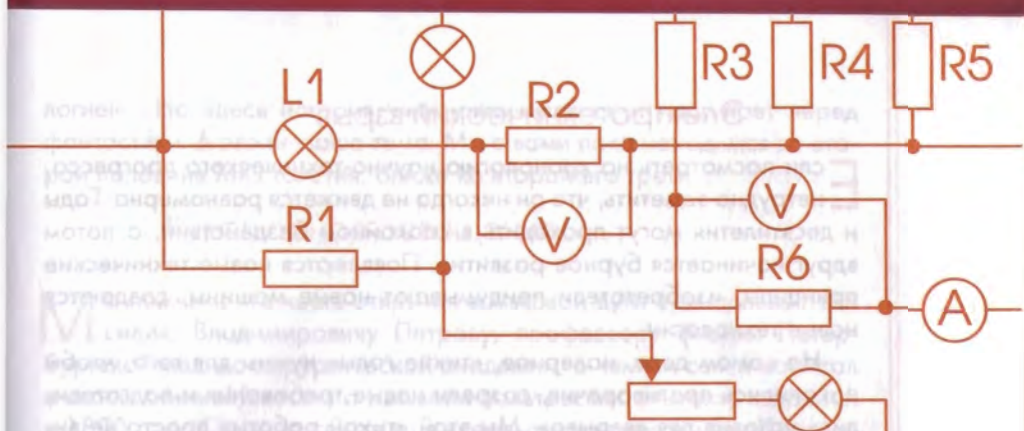
Есть такой совет у мудрых людей: когда долго и упорно преследуешь какую-то цель, очень полезно время от времени останавливаться и оглядываться на пройденный путь. Так сказать, подвести некоторые итоги.

Наша книга об истории электричества и магнетизма, о том, как люди познакомились с этими явлениями, как от мифических представлений перешли к вопросам, что они собой представляют и каким законам подчиняются. И наконец, о том, что мы могли бы получить от использования электромагнитных эффектов. Так уж устроен человек, что из всего хочет извлечь некую практическую пользу. На этом зиждется прогресс.

Мы с вами познакомились с самыми древними размышлениями о таинственной силе магнита и электричества, побывали и в эпохе, когда ученые шаг за шагом пытались с помощью опытов и теории уяснить себе законы, которым эти силы подчиняются. Увидели, как практики, пока физики из отдельных феноменов складывали общую стройную картину, старались приспособить открытые явления к требованиям жизни общества.

Давайте и мы остановимся временно на достигнутом великими и попробуем взглянуть дальше, в конец XIX столетия, когда накопившиеся знания, как взрыв, в течение нескольких лет создали совершенно новую ступень цивилизации, создали тот электрический мир, вне которого не смогла бы сегодня выжить бо́льшая часть населения Земли...

Начнем с самого начала. Польза от магнита древним мудрецам была понятна. Магнитная стрелка может служить путеводителем. Кроме того, магнит будто бы лечил. Вспомните доктора Гильберта. А что давало нам электричество? Искры, молнию... Сомнительная польза. Хорошо, что Франклин и Ломоносов научили нас защищаться от грозы громоотводами. Но что же дало толчок практиче-



скому применению неведомой электрической силы? Посмотрим в начало XIX века. 1802 год. Профессор Петербургской медико-хирургической академии Василий Петров зажигает электрическую дугу, обещающую дать новый источник света и победить тьму ночи. Великое открытие. Но оно не выходит из стен лаборатории. Если согласиться, что это начало практики, то вольтов столб был изобретен еще раньше. Нет, не то...

А вот еще дата: 1832 год. Барон Павел Львович Шиллинг фон Канштадт устанавливает между Зимним дворцом в Санкт-Петербурге и Министерством путей сообщения электрическую телеграфную связь... Смотрите-ка, это уже не лаборатория. Пожалуй, именно создание телеграфа и есть истинное начало практики, потому что все, сделанное ранее, принадлежало науке.

В том же году на основании исследований Ампера и Фарадея, выяснивших зависимость между механической энергией и энергией электрической, Пикси строит первую магнитоэлектрическую машину, способную преобразовывать один вид энергии в другой. Пройдет совсем немного лет, и мощные электрогенераторы, правнуки машины Пикси, погонят постоянный и переменный ток по проводам, зажгут миллионы ламп накаливания и вдохнут новую жизнь в производство. Начнется на Земле новая ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭРА.

Рождению электротехники и будет посвящена третья, заключительная часть книги. Я не зря говорил, что перед вами история электричества. Время, в которое судьбе угодно было поместить нас с вами, еще не история, это еще современность. Поэтому не сетуйте на автора за то, что он не расскажет вам о технических достижениях конца XX и начала XXI веков, а остановится на фактах, уже отплывших по течению великой реки времени. Наша книга об истоках, о том, с чего начался окружающий нас ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МИР.

Электротехнический взрыв

Если посмотреть на хронологию научно-технического прогресса, нетрудно заметить, что он никогда не движется равномерно. Годы и десятилетия могут проходить в спокойном бездействии, а потом вдруг начинается бурное развитие. Появляются новые технические принципы, изобретатели придумывают новые машины, создаются новые технологии...

На самом деле, наверное, «тихие годы» нужны для того, чтобы накопились противоречия, созрели новые требования и подготовились условия для «взрыва». Мы этой «тихой работы» просто не видим, как не замечали современники Ампера, даже Фарадея и Максвелла их подготовительных трудов для бурной эпохи конца XIX — начала XX столетия. И все же нельзя не удивляться. Деды и бабушки моих читателей еще прекрасно помнят керосиновые лампы, печное отопление в городах, телефоны с разделенными трубками и микрофонами, укрепленными на стене, и детекторные радиоприемники. Ламповые же радиоприемники-новинки были величиной с небольшой холодильник. То есть за время жизни двух-трех поколений окружающий нас мир вещей разительно переменялся. И начало этому изменению положили все те события, которые были описаны в предшествующих главах.

Электрический свет и надежда на применение электричества для совершения механической работы были сверкающим Олимпом, добраться до которого мечтали люди науки и техники. Но для этого нужно было сперва научиться производить электроэнергию, то есть придумать, сконструировать и построить электрогенераторы. Пусть сначала — постоянного тока.

Затем освоить передачу электроэнергии на расстояние, чтобы использовать ее главное преимущество. И передавать так, чтобы в линии передачи не терялась большая часть энергии, вырабатываемой машинами, то есть добиться высокого коэффициента полезного действия — КПД. А уж потом придумывать приборы и аппараты, которые будут потреблять электроэнергию на приемном конце линии и превращать ее в другие виды необходимой человеку энергии: в свет, в тепло и холод, в механическую силу и движение, в технологический процесс, и так далее, и тому подобное... Позже от простого электрического телеграфа люди перейдут к передаче сообщений с помощью электромагнитных волн, придумают радиолампы, от них уйдут к транзисторам и интегральным схемам дальше по пути микроминиатюризации, к технологиям на молекулярном уровне, вернувшись к лягушкам Гальвани, ученые перейдут к объединению с био-

логией... Но здесь история уже заканчивается и наступает черед фантастики. А это не наша тема. Мы с вами пока находимся во второй половине XIX столетия, ближе ко второй его трети.

Рукотворное освещение

Мы помним, что честь открытия вольтовой дуги принадлежит Василию Владимировичу Петрову, профессору физики Петербургской медико-хирургической академии, о чем он сам и написал в своей книге «Известия о гальвани-вольтовых опытах», изданной в 1803 году. Семь лет спустя то же открытие независимо от Петрова повторил и продемонстрировал своим коллегам английский ученый Гемфри Дэви. Это было начало XIX столетия. Между тем первые практически пригодные дуговые лампы появились лишь полвека спустя. В чем же причина такой задержки?

Как ни странно, люди довольно долго не умели ценить свет. Примитивная жизнь древнего общества в основном начиналась с восходом солнца и продолжалась до наступления темноты. С возникновением городов и усложнением общественной жизни дня стало не хватать. И для его продления пользовались светом открытого огня: факелов, масляных светильников, редко — дорогих восковых свечей, которые являлись предметом роскоши. Их стали делать в Париже в XI веке.

Любопытно, что во времена царствования французского короля Филиппа Красивого были изданы законы против роскоши. В них употребление восковых свечей разрешалось лишь узкому кругу придворных высокого происхождения. Но даже в королевском дворце на пирах залы освещались дымными факелами, которые слуги держали в руках.

Европейские города даже в XV веке вовсе не освещались. Каждый имущий должен был брать с собой слуг с фонарями, чтобы не только не сломать себе ноги на узких изрытых улицах, но и не быть ограбленным. Но постепенно само развитие городской жизни поставило перед властями проблему освещения.

В XVI столетии парижская полиция потребовала от домовладельцев в девять часов вечера выставлять в одном из окон нижнего этажа дома зажженный фонарь. А в 1662 году аббат Лодат де Кардифф получил привилегию на организацию в городах Франции артелей факельщиков и фонарщиков, которые за плату сопровождали запоздавших путников.

Людовик XIV повелел поставить фонарные столбы с масляными светильниками по углам парижских улиц. Была даже выбита медаль по поводу этого события.

В 1786 году французский инженер и химик Филипп Лебон принял первые опыты по применению газового освещения. А в самом конце XVIII века в Англии фонарями со светильным газом была оборудована мануфактура изобретателя паровой машины Джеймса Уатта и его компаньона богатого заводчика Болтона.



Роберт Бунзен
(1811–1899)

В 1804 году было создано первое общество газового освещения. Газовые компании быстро распространились по всему миру. Я вспоминаю о них, поскольку в дальнейшем именно они неоднократно ставили палки в колеса прогрессу электрического освещения.

История электрического освещения делится на две части: история лампы накаливания и история ламп с электрической дугой. При этом первые попытки практически применить и тот и другой вид светильников относятся почти к одному и тому же времени. Оба принципа прошли нелегкий путь развития, поскольку изобретателям пришлось решать немало технических проблем.

Прежде всего не существовало надежных и достаточно мощных источников тока. Кроме того, Петров и Дэви пользовались дугой, возникающей между древесными углями. Такие угли были непрочны и быстро сгорали. Выход нашел немецкий химик Роберт Бунзен.

Он предложил использовать твердый нагар, который остается на раскаленных стенках газовых реторт. Из кусков этого нагара удавалось выпиливать стерженьки, которые хорошо проводили ток и в ослепительном пламени дуги сгорали значительно медленнее древесных углей. Но — сгорали, и как только расстояние между ними увеличивалось, дуга гасла. Для поддержания пламени следовало все время следить за расстоянием между стержнями. Нужно было придумать механизм, автоматически поддерживающий между углями все время одно и то же расстояние. Изобретатели предложили великое множество остроумных конструкций регуляторов.

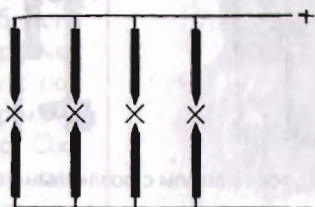
Почему понадобилось множество конструкций? Дело в том, что свет дуги чрезвычайно резкий и яркий. Им хорошо освещать большие площади или помещения вокзалов. А для освещения домов желательнее было научиться его «дробить», то есть освещать помещение не одной мощной дугой, а несколькими менее мощными. Да еще хотелось бы иметь возможность менять в них силу тока... Но светильники включали только последовательно, друг за другом в единую



Дуговая лампа французского изобретателя Жаспара с автоматической регулировкой расстояния между стержнями



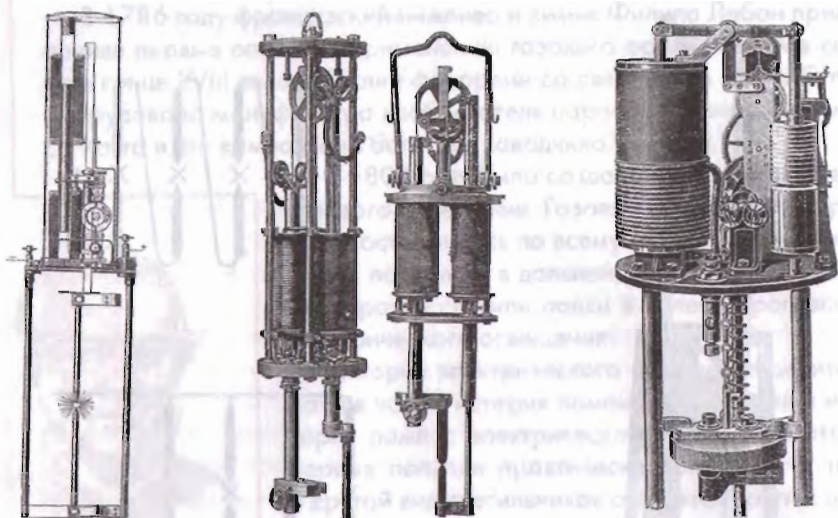
Последовательное и параллельное соединение дуговых ламп



цепь. Как тут добиться разного тока? Кроме того, стоило погаснуть одной дуге, как гасли и все остальные.

Вы спросите: почему не подключили их параллельно? Не было бы проблемы... Но не забывайте, что мы находимся еще в XIX веке. Генераторы слабые, постоянное напряжение на зажимах машины поддерживается с трудом, провода дороги, а для параллельного включения их нужно больше... Короче говоря, не любили электротехники в то время параллельного соединения. В результате на первых порах это приводило к тому, что каждую дугу обслуживал отдельный генератор. Дорогое получалось удовольствие от такого освещения.

В 1856 году в Москве российский изобретатель полковник Александр Ильич Шпаковский предложил оригинальный регулятор и зажег одновременно одиннадцать дуговых светильников. Правда, проблему «дробления света» его установка, как и системы других изобретателей, не решала. Справился с нею электротехник Владимир Николаевич Чиколев. В 1871 году несколько экземпляров его лампы было изготовлено в Москве в мастерских физических приборов П. Н. Яблочкова и Н. Г. Глухова, и Владимир Николаевич смог



Дуговые лампы с различными видами автоматических регуляторов

продемонстрировать усовершенствованную модель своей лампы на заседании физического отделения Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии.

Как всегда, новое с трудом пробивало себе дорогу в России. В 1876 году генерал Петрушевский передал описания и чертежи лампы Чиколева Главному артиллерийскому управлению. И лишь в 1880 году ее описание появилось в технических журналах. Зато стоило французским электрикам познакомиться с переводом статьи, как буквально через несколько дней в ряде европейских государств появились заявки на схожие конструкции. Это вызвало немало споров в технической прессе.

Дуговые лампы с дифференциальными регуляторами широко распространились не только в России, но и за рубежом.

Владимир Николаевич Чиколев родился в Смоленской губернии. Лишившись родителей, он был отдан в Александровский сиротский кадетский корпус в Москве. Затем — училище пехотных офицеров. Увлечшись физикой, молодой человек оставляет училище до производства в офицеры и поступает вольнослушателем в Московский университет на физико-математический факультет. Закончив курс, он в 1867 году получает приглашение стать ассистентом в физическом кабинете профессора Цветкова, где у него есть возможность заниматься своими экспериментами. Успешность занятий приводит Чиколева к мысли о сдаче магистерских экзаменов. Но всеобщее

увлечение проблемами электрического освещения уводит его в сторону от задуманного. На Всероссийской политехнической выставке 1872 года он представляет ряд приборов. Тут — его дуговая лампа, ящичная гальваническая батарея и миниатюрный электродвигатель к швейной машине, питаемый от нескольких элементов Даниэля.

Строго говоря, несмотря на целый ряд созданных им оригинальных электротехнических приборов, Владимир Николаевич Чиколев не был изобретателем. Его больше интересовали факты и явления из области электричества и возможность применения на практике новых устройств. Так, в петербургский период своей деятельности Чиколев много работал в области проекторной техники, создал теорию расчета, предложил систему дробления света с помощью зеркал. Руководил работами по реконструкции электротехнического хозяйства Охтенского завода. Чиколев отдал немало сил развитию и совершенствованию электротехники. И всегда шел своими оригинальными путями, поддерживая тесную связь с наукой. Он опубликовал около тридцати крупных научно-технических работ и издал ряд книг, в том числе популярного характера.

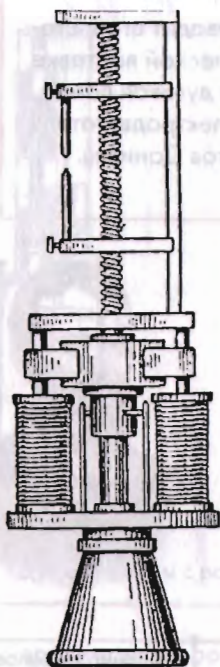


Владимир Николаевич
Чиколев
(1845—1898)

Владимир Николаевич был одним из инициаторов создания Шестого (электротехнического) отдела Русского технического общества и журнала «Электричество».

В 1877 году в Главном артиллерийском управлении организуется электротехнический отдел, и Чиколев получает приглашение занять руководящую должность. Он переезжает в столицу. Петербургский период — основной в деятельности Владимира Николаевича. По его инициативе при Орудийном заводе строятся электротехнические мастерские, устраивается специальная лаборатория. Военно-инженерное ведомство организует офицерские электротехнические курсы, на которых преподает Чиколев. Он создает целый ряд устройств для армии, публикует справочные книги и атласы, курс лекций и руководств по применению электротехники для военных целей.

В последние годы Владимир Николаевич написал книгу «Не было, но и не выдумка», которую сегодня можно было бы назвать научно-фантастической. В ней он рассказывал о той роли, которую может играть в жизни человечества электричество. И многие из его предвидений осуществились к нашему времени. Он начинал свои опыты в годы, когда «электротехника сильных токов» (так называли



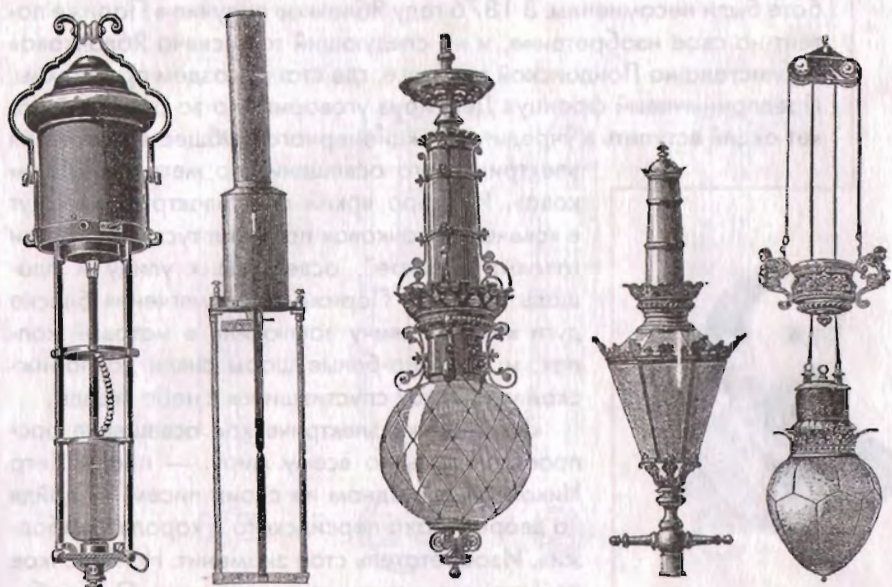
Дифференциальная
лампа В. Н. Чиколева



Швейная машина с электрическим
приводом

тогда практику применения электричества в технике) еще не вышла из лабораторных стен. 22 февраля 1898 года железнодорожная дрезина, на которой ехал Чиколев, потерпела аварию, и Владимир Николаевич погиб. К этому времени промышленность уже имела в своем распоряжении достаточно мощные электрогенераторы, была решена проблема централизованного производства электроэнергии с передачей ее на большие расстояния и создана система трехфазного тока. Начал внедряться электропривод. Таким образом, за короткий срок жизни талантливого изобретателя в электротехнике произошел настоящий скачок.

Примерно в те же годы был изобретен еще один вид дуговой лампы — с ртутными электродами. Предложил ее доктор Аронс. Он П-образно согнул стеклянную трубку, налил туда немного ртути, выкачал воздух, запаял и в оба колена вставил электроды, подключенные к генератору. Стоило встряхнуть трубку, как между полюсами возникала дуга. Свет ее не был ослепительным, но он оказался настолько богат синими и зелеными лучами, что окрашенные поверхности, освещенные ртутной лампой, меняли свои цвета.



Дуговые лампы с закрытой дугой

«Русский свет» в Париже

В 1875 году в Петербурге открылась новая мастерская физических приборов. Основали ее П. Н. Яблочков и Н. Г. Глухов, два изобретателя, с увлечением конструировавшие электротехнические новинки и обсуждавшие великое будущее электрического освещения.

Однажды, укрепляя подключенные к источнику питания угли параллельно друг другу, Яблочков случайно замкнул их, и между концами стержней вспыхнула дуга. Изобретатель отшатнулся, ожидая, что дуга погаснет. Но пламя горело ровно и не прерывалось, пока оба угля не сгорели дотла. Но ведь это же гениальное решение проблемы для дуговой лампы!.. Простое решение! Теперь дуговая лампа не будет нуждаться ни в каком регуляторе...

К сожалению, оба изобретателя оказались плохими предпринимателями. И через некоторое время их предприятие потерпело финансовый крах. Яблочков уехал во Францию, где поступил в электротехнические мастерские, изготавливающие телеграфные аппараты и электрические машины. В одиночку он закончил работу над своим изобретением. Оказалось, что положительный электрод сгорал быстрее, и нужно было рассчитать его толщину. Новизна принципа и простота окончательной конструкции, ее безотказность в ра-

боте были несомненны. В 1876 году Яблочков получил в Париже патент на свое изобретение, и на следующий год «свеча Яблочкова» заблестала на Лондонской выставке, где стала гвоздем программы. Предприимчивый француз Денейруз уговорил его за солидный пакет акций вступить в учредители акционерного «Общества изучения электрического освещения по методам Яблочкова». И скоро яркий свет электрических дуг в «свечах Яблочкова» поглотил тусклые огоньки газовых фонарей, освещавших улицу и площадь Оперы в Париже. Для смягчения блеска дуги каждую свечу заключили в матовый колпак, и молочно-белые шары сияли на парижской улице, как спустившиеся с неба звезды.



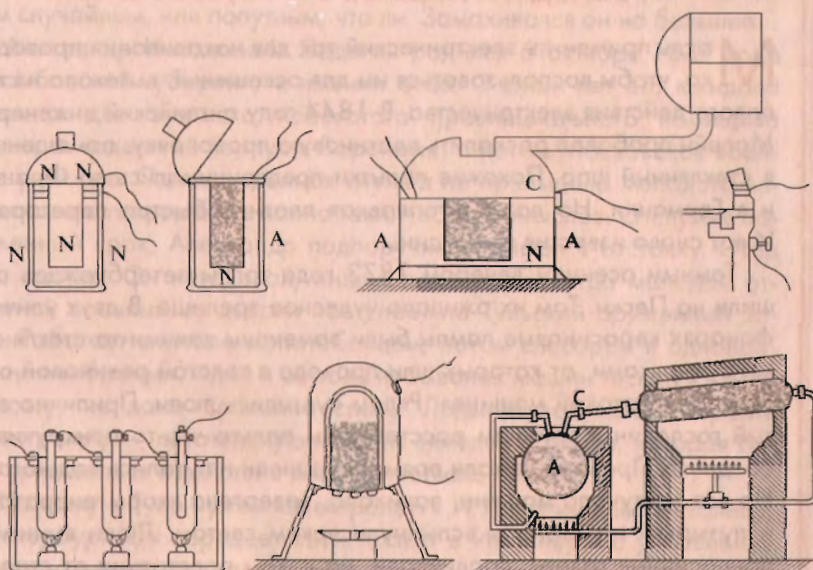
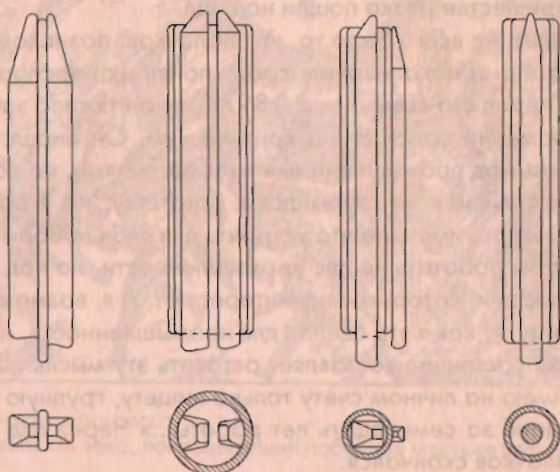
Петр Николаевич
Яблочков
(1847–1894)

«Из Парижа электрическое освещение распространилось по всему миру, — писал Петр Николаевич в одном из своих писем, — дойдя до дворца шаха персидского и короля Камбоджи». Изобретатель стал знаменит. Но Яблочков не останавливается на достигнутом. Он пробует питать свечи переменным током, и это оказывается еще удобнее и проще, потому что теперь угли сгорали более равномерно и их можно было делать одной толщины. Да и машины

переменного тока оказывались проще и дешевле динамо. Одновременно Петр Николаевич стал включать в цепь индукционные катушки с железными сердечниками — прообразы будущих трансформаторов, и это позволило подключать к одной машине несколько свечей.

Решив вернуться на родину, Яблочков выкупает у компаньонов их пай и переезжает в Петербург, чтобы создать там свое «русское товарищество». Возвращение было триумфальным. Один из репортеров так описывал приезд Петра Николаевича в столицу: «Он поселился в роскошных апартаментах «Европейской» гостиницы, и кто только не бывал у него: светлости, сиятельства, высокопревосходительства, превосходительства без числа, городские головы... Яблочкова всюду приглашали нарасхват, везде продавались его портреты, в газетах и журналах ему посвящались сочувственные, а иногда и восторженные статьи...» Наконец товарищество «Яблочков-изобретатель и К^о» было учреждено, и мастерские стали выпускать по заказам «свечи Яблочкова».

Но оказалось, что в общем электрическое освещение громадной стране, привыкшей к лучине, свечам и, в лучшем случае, к масляной



Чертежи П. Н. Яблочкова: электрическая свеча
и гальванические элементы горения

лампе, не очень-то и нужно. А российские компаньоны малопрактичного изобретателя менее чисты в своих помыслах, чем даже жуликоватые французы. Короче говоря, когда первый бум прошел, дела товарищества резко пошли на спад.

Тяжелее же всего было то, что Яблочков, познакомившись с первыми лампами накаливания, сразу понял их неоспоримые преимущества перед его «свечой». В 1893 году он тяжело заболел, и тогда его положение вовсе стало критическим. Он писал: «Проработав всю жизнь над промышленными изобретениями, на которых многие люди нажились, я не стремился к богатству, но я рассчитывал, по крайней мере, иметь на что устроить для себя лабораторию, в которой мог бы работать не для промышленности, но над чисто научными вопросами, которые меня интересуют. И я, возможно, принес бы пользу науке, как я это сделал для промышленности, но мое необеспеченное состояние заставляет оставить эту мысль... Я в настоящее время имею на личном счету только нищету, грудную болезнь... Вот мой баланс за семнадцать лет работы...» Через год Петр Николаевич Яблочков скончался.

«Господин Лодыгин, это изумительно!»

Мысль применить электрический ток для накаливания проводника, чтобы воспользоваться им для освещения, вытекала из теплового действия электричества. В 1844 году английский инженер де Молейн пробовал раскалить платиновую проволочку, помещенную в стеклянный шар. Похожие попытки предпринимались во Франции и в Германии. Но даже тугоплавкая платина быстро перегорала. И вот снова известия из России...

Темным осенним вечером 1873 года толпы петербуржцев спешили на Пески. Там их ожидало чудесное зрелище. В двух уличных фонарях керосиновые лампы были заменены какими-то стеклянными пузырьками, от которых шли провода в толстой резиновой оболочке к «световой машине». Рядом суетились люди. Прилично одетый господин в длинном расстегнутом пальто что-то прикручивал, соединял. Провода лежали прямо на панели и путались под ногами. Но вот застучала машина, захихала, завертела якорь генератора, и пузырьки на столбах вспыхнули ярким светом. Люди вынимали припасенные газеты, сравнивали, на каком расстоянии от старого керосинового или фотогенного фонаря и нового можно разобрать буквы. Разница была впечатляющей. Присутствующие поздравляли изобретателя: «Господин Лодыгин, это прекрасно! Господин Лодыгин, это изумительно!»



Триумф технического прогресса.

Рисунок художника XIX века, показывающий победное шествие электричества

В общем-то, создание системы освещения было для Лодыгина делом случайным, или попутным, что ли. Замахивался он на большее...

Александр Николаевич Лодыгин родился 6 октября 1847 года в Тамбовской губернии, в имении отца. С юных лет его ожидала обычная для отпрыска небогатого провинциального помещика карьера: кадетский корпус в Воронеже, а потом Московское военное училище. Однако военная служба не прельщала молодого человека, его голова была полна технических замыслов. Отслужив положенный срок, Александр подпоручиком вышел в отставку. Отец был против. Он негодовал, лишил поддержки. Тогда молодой отставной военный из дворян поступает на Тульский оружейный завод. Работает сначала молотобойцем, потом слесарем и одновременно изобретает. Идеи и образы небывалых машин теснятся у него в мозгу, не дают спокойно спать. Лодыгин задумал построить «электролет» — летательную машину тяжелее воздуха, которая будет приводиться в действие электричеством.

Но кому в Туле нужен «электролет»? И Лодыгин едет в столицу, в Петербург. Он передает свой проект в Инженерное управление военного министерства, рассказывает о нем репортерам столичных газет. В газетах появляются сенсационные описания его машины, а министерство молчит.

В 1870 году Лодыгин решает предложить свой проект Франции, которая воюет с Пруссией. Но у него нет денег на поездку. Знако-

мые студенты с шапкой по кругу собирают девяносто восемь рублей, и Александр Николаевич уезжает. Однако на одной из промежуточных станций у него пропадает чемодан с чертежами «электролета». Все! Катастрофа! Без чертежей, без денег, практически без языка — ох уж этот французский из кадетского корпуса! Но есть уме-

лые руки, которые одинаково ценятся во всем мире. И Лодыгин поступает слесарем на завод, а вечерами по памяти восстанавливает чертежи. Поддерживает его Феликс Турнашон — командир бригады аэронавтов. Веселый, воинственный француз, хорошо знавший известного писателя Жюль Верна и зачитывавшийся его романами, видит в молодом русском воплощение Робура-завоевателя.

Несмотря на массу трудностей, русскому изобретателю удается восстановить чертежи своего воздушного аппарата. Комитет национальной обороны Франции ассигнует пятьдесят тысяч франков на постройку «электролета Лодыгина», но.... Война проиграна. «Электролет», так и не родившись, умер. А патент «на применение электричества в воздушной навигации» получили некоторое время спустя возду-

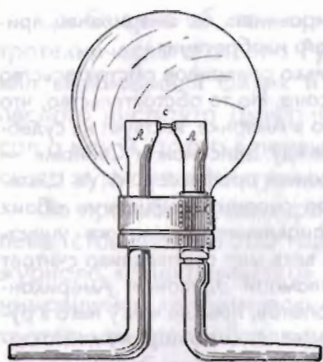
хоплаватели братья Гастон и Альфред Тиссандье. Впрочем, от проекта воздушного корабля у Лодыгина осталась незначительная деталь. Для освещения своего летательного аппарата изобретатель предлагал лампочку накаливания.

В кругу друзей изобретатель рассказывал, как однажды, спроецировав изображение вольтовой дуги на экран, он обратил внимание на то, что свет исходит лишь от самых кончиков раскаленных углей. «А что, ежели удалось бы раскалить весь уголь?» Так в голову ему пришла идея перейти к одному тонкому углю. А чтобы тот не перегорал, Александр Николаевич решил заключить его в герметическую стеклянную колбу. «Как только весь кислород израсходуется, — рассуждал он, — разрушение угольного стерженька прекратится...»

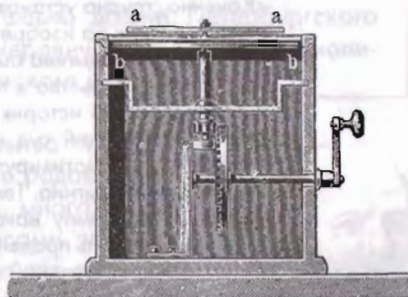
С этой мысли начались его поиски, опыты и пробы. Он сконструировал такой светильник, и некоторое время его лампочка исправно горела. Имея уже некоторый опыт, Лодыгин запатентовал изобретение во Франции и в ближайших государствах, а вернувшись в Россию, получил на нее привилегию. Теперь следовало найти способ показать свое изобретение как можно большему числу заинтересованных лиц.



Александр Николаевич
Лодыгин
(1847—1923)



Лампа накаливания
А. Н. Лодыгина



Лампа А. Н. Лодыгина, усовершенствованная В. Ф. Дидрихсоном

В ту пору в Санкт-Петербурге через Неву строился Литейный мост. Лодыгин предложил осветить место подводных работ. Это позволило бы продемонстрировать возможности нового вида освещения. Получив согласие, он конструирует специальный «подводный фонарь».

Изобретение лампочки накаливания высоко оценила Академия наук, присудившая автору Ломоносовскую премию.

В 1874 году Лодыгин совместно с банкиром Козловым организовал «Товарищество электрического освещения А. Н. Лодыгин и К^о». Через год во главе товарищества встал предприниматель Кон, который под своим именем выпустил в продажу лампу Лодыгина, усовершенствованную инженером В. Ф. Дидрихсоном. В лампе уголь помещался в баллон без воздуха и по мере сгорания автоматически заменялся другим.

Но по миру еще шла победным маршем «свеча Яблочкова», простая в производстве и с более ярким свечением, чем лодыгинское изобретение. А капитал «Товарищества» составлял всего десять тысяч рублей. Прошел год с небольшим, скончался Кон, и компания потерпела финансовый крах. Лодыгин снова поступает слесарем. На этот раз в петербургский Арсенал, где скоро переходит на должность инженера.

В конце 70-х годов XIX века на верфях Северо-Американских Соединенных Штатов по заказу петербургского Адмиралтейства строились корабли. На их приемку выехал в Америку лейтенант русского флота А. Н. Хотинский. Он взял с собой несколько ламп Лодыгина. Может быть, чтобы оборудовать помещения кораблей? А почему бы и нет? Изобретение было запатентовано в России, во Франции, Великобритании, Австрии, Бельгии... Случилось как-то, что молодой лейтенант показал привезенные лампы изобретателю Эдисону,

которому новинка чрезвычайно понравилась, и американец принялся за усовершенствование русского изобретения.

«Конечно, трудно установить, насколько описанное обстоятельство имело влияние на изобретение Эдисона. Но то обстоятельство, что изобретение Лодыгина было известно в Америке, явствует из судебного разбирательства в процессе между Эдисоном и Сваном», — пишет известный историк электротехники профессор М. А. Шателен. Американский суд аннулировал спорные привилегии обоих изобретателей, мотивируя свое постановление тем, что уже существуют лампы Лодыгина. Тем не менее весь мир справедливо считает современную лампу накаливания «лампой Эдисона». Американский изобретатель проделал тысячи опытов, прежде чем у него в руках оказался стеклянный пузырек с выведенными наружу контактами угольной нити. Из пузырька был выкачан воздух. Эдисон разработал все звенья системы электрического освещения и начал массовый выпуск ламп.

В 1884 году Александр Николаевич Лодыгин уезжает во Францию, а оттуда — в США. Он изобретает еще несколько типов ламп накаливания, в том числе с металлическими нитями, и первым предлагает для нити накаливания вольфрам... Оставив идею лампы накаливания, он конструирует приборы электрического отопления, респираторы, электропечи для плавки металлов.

После событий 1905 года Лодыгин возвращается на родину. В Петербурге он один из основателей электротехнического отдела Русского технического общества. К сожалению, в разваливающейся империи место для изобретателя нашлось лишь на трамвайной подстанции в должности дежурного техника...

В 1918 году вместе с первой волной русской эмиграции Александр Николаевич уезжает из России и обосновывается в США. В 1923 году советские электротехники избрали его почетным членом Общества русских электротехников. Но письмо, посланное за океан, в живых Александра Николаевича Лодыгина уже не застало.

Несмотря на то что «свеча Яблочкова» и лампы накаливания показали, что электрическое освещение обладает неоспоримыми преимуществами, газовые компании не сдавались. Газеты были наполнены заказными статьями о вреде электрического света для зрения и вообще для здоровья. Немало было и политических выступлений. Английский парламент организовал специальную комиссию, которая должна была произвести следствие по этому вопросу, чтобы вынести результаты на суд. Члены комиссии «допросили» многих видных ученых, после чего вынуждены были вынести единодушный вердикт: электрическое освещение признавалось лучшим по сравнению с газовым, а «свеча Яблочкова» — самой яркой по сравнению со всеми другими источниками света, известными в ту пору...

Сообщение об этом оригинальном процессе для собрания электротехнического отдела Русского технического общества подготовил выдающийся физик и электротехник, доцент Петербургского лесного института Дмитрий Александрович Лачинов. Он же написал о нем и статью в первый номер нового русского журнала «Электричество».

По просьбе Владимира Николаевича Чиколева, ставшего в 1880 году во главе редакции журнала «Электричество», Лачинов, много занимавшийся теоретическими вопросами электротехники, разработал ряд формул для определения освещенности поверхностей. Чиколев использовал эти формулы в своей статье «Об электрическом освещении улиц, мостов и площадей».

Но чтобы окончательно вытеснить газ, следовало прежде всего решить проблему централизованного производства электричества и придумать способы передачи электроэнергии на значительные расстояния. Тогда можно будет шире использовать электричество и для питания установок электропривода. Пока же редкие электродвигатели работали только на более или менее крупных предприятиях, которые имели свои достаточно мощные блок-станции с динамо-машинами постоянного тока.

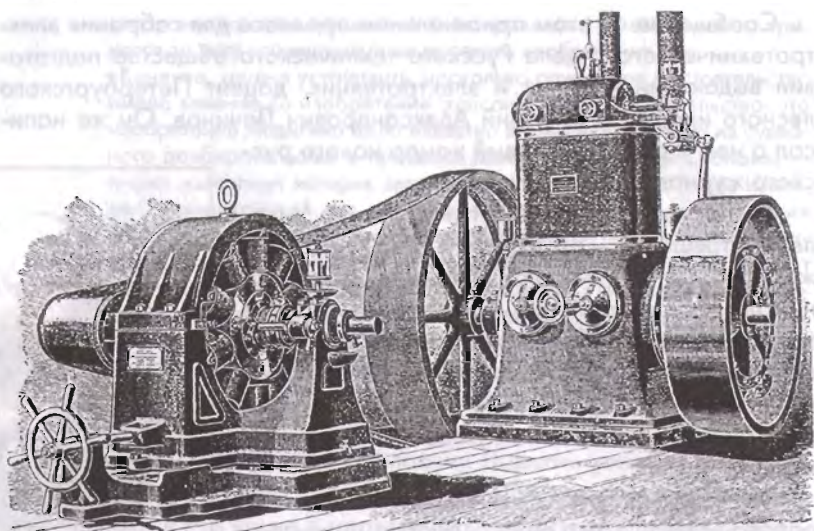


Дмитрий Александрович
Лачинов
(1842—1902)

В тисках научно-технических противоречий

В начале электричество применялось в основном для освещения. При этом производство электроэнергии не отделялось от потребителя. В отдельных домах, чаще всего в подвальных помещениях, стояли свои генераторы, которые и обслуживали немногих потребителей. Такие частные установки назывались «домовыми», или «блок-станциями». В них входили все основные части электросети. Главной, понятно, были машины, производящие электроэнергию. Но не менее важными оказывались и первичные двигатели, приводящие в движение роторы генераторов. Дальше следует назвать системы и приспособления для распределения электрической энергии по приемникам, сами приемники (или, правильнее сказать, — потребители) и, наконец, — приборы для контроля и всевозможные выключатели тока.

Очень скоро выяснились и недостатки блок-станций. Кому из домовладельцев понравится иметь у себя в подвале целое производство? Возникали проблемы топлива и дополнительной уборки, шума



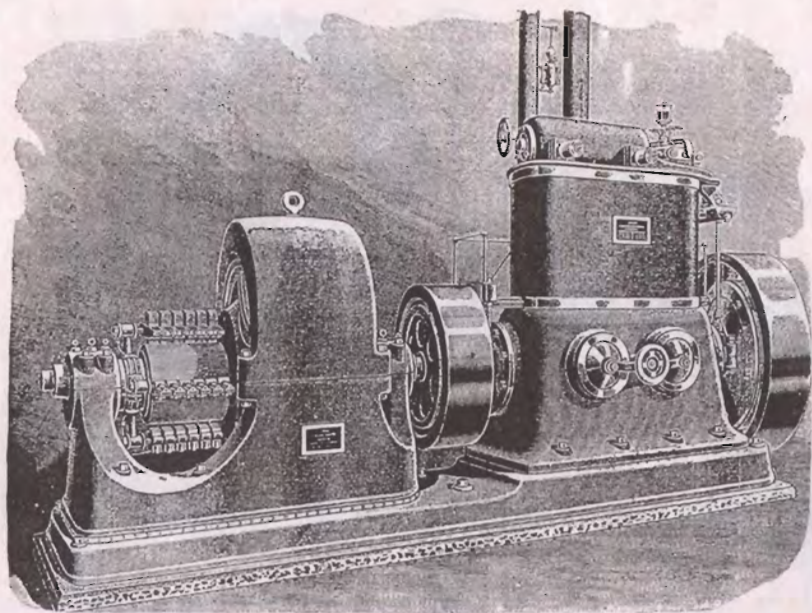
Паровой двигатель и динамо-машина, соединенные ременной передачей

и обслуживания... Генераторы блок-станций вырабатывали только постоянный ток малого напряжения. Следовательно, обеспечить энергией они могли либо отдельное строение, либо, в лучшем случае, район, радиусом не более одного километра. На больших расстояниях потери в проводах становились настолько большими, что электроэнергия оказывалась нерентабельной.

Для дальнейшего развития электрического освещения электротехникам предстояло решить целый комплекс задач. Прежде всего нужно было научиться качественно и в достаточном количестве производить дешевую электроэнергию. То есть на место маломощных магнитоэлектрических машин должны были прийти крупные генераторы с малыми собственными потерями, способные выдерживать достаточно высокое напряжение. Такие генераторы позволят отказаться от блок-станций и перейти к централизованной выработке электроэнергии, создать подлинные «фабрики электричества». Но генераторов таких не существовало, их предстояло еще изобрести. Равно как следовало подумать и о первичных двигателях.

Наличие центральных станций сразу же требовало увеличения радиуса потребительской сферы. Длина линий передачи энергии должна вырасти, а вместе с тем возрастут и потери. Как тут быть?

Посмотрим, как решались проблемы по всем направлениям, начиная с первичных двигателей, приводивших во вращение роторы электрических машин... В качестве первичных двигателей на блок-



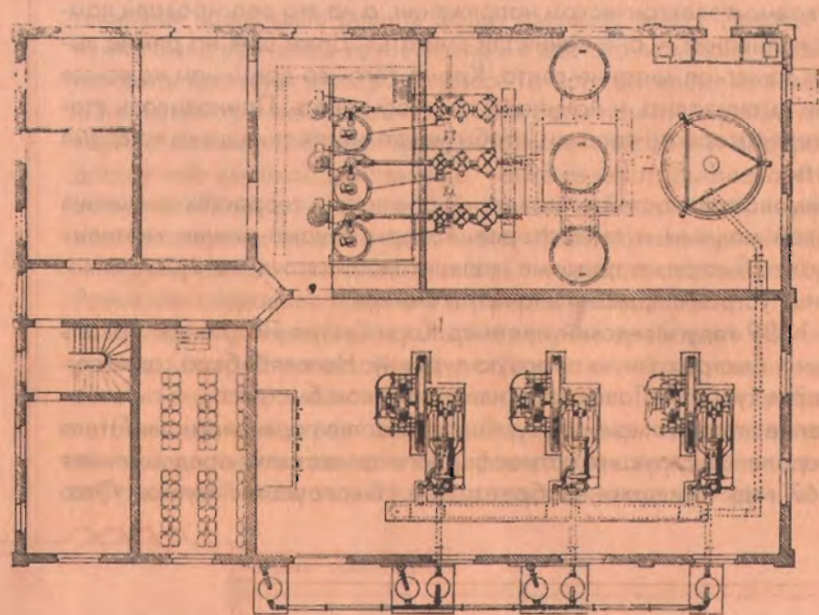
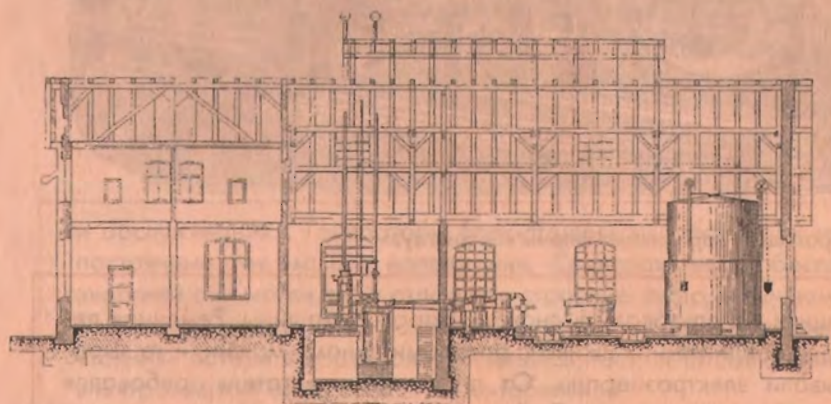
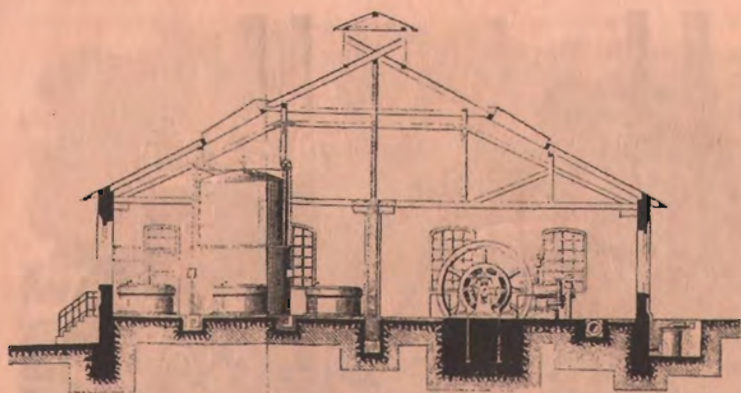
Быстроходная пародинамо фирмы «Вестингауз»

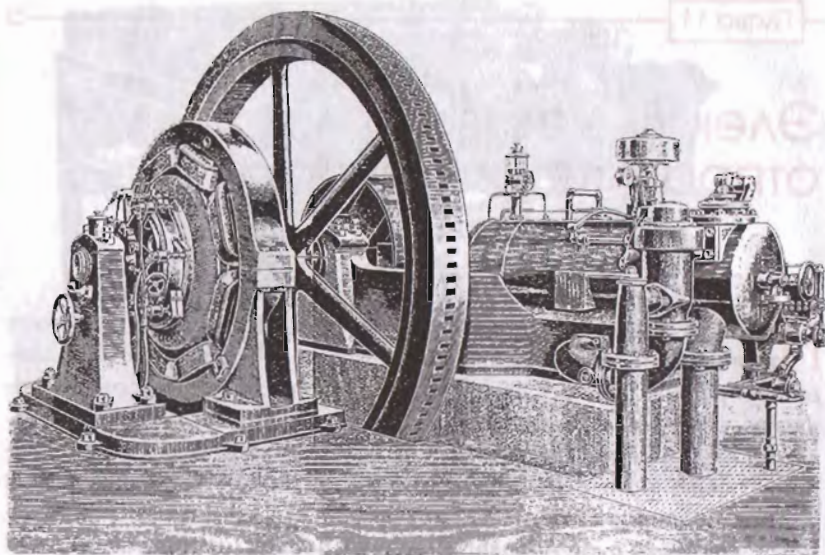
станциях использовались сначала паровые машины. Ременная передача соединяла их шкивы с роторами динамо-машин, и те вырабатывали электроэнергию. От первичного двигателя требовался очень равномерный ход. Любое нарушение сказывалось на вырабатываемом электрическом напряжении, а на это реагировали лампы накаливания — они начинали «мигать». Даже шов на ремне вызывал заметное мигание света. Кроме того, со временем кожаные ремни вытягивались и начинали проскальзывать. Приходилось ставить генераторы на салазки, чтобы менять натяжение даже во время работы.

Немало трудностей доставляли и различия в скоростях вращения паровой машины и генераторов. Роторы динамо-машин «хотели» крутиться быстро, а паровые машины могли это делать медленно. Разницу устранили, меняя диаметры шкивов.

В 1889 году шведский инженер Карл Густав Патрик де Лаваль изобрел быстроходную паровую турбину. Но опять беда, одноступенчатые турбины Лавала крутились слишком быстро...

Более паровых машин и турбин в качестве первичного двигателя подходила конструкция «атмосферного двигателя», предложенная в 1867 году немецким изобретателем Николаусом Августом Отто





Силогазовая электрическая станция близ Гарца

совместно с инженером Эйгеном Лангеном. Позже, используя идею четырехтактного цикла со сжатием, Отто в 1876 году сконструировал четырехтактный газовый двигатель. На Всемирной выставке 1878 года в Париже двигатель получил очень высокую оценку, поскольку отвечал всем требованиям времени, предъявляемым к двигателям подобного рода. Его стали широко выпускать заводы «Отто-Дейтц» и другие предприятия.

Следующая проблема заключалась в том, что мелкие блок-станции оказывались неэкономичными. Слишком велики были накладные расходы, и слишком дорогой оказывалась их энергия. Между тем потребители, будь то домовладельцы или фабриканты, деньги считать умели. Какой же мог быть выход? Объединить разрозненные блок-станции в центральные и создать «фабрики электричества», что позволит одновременно расширить радиус электросети.

В XIX столетии «фабриками электричества» называли более или менее мощные электростанции, централизованно вырабатывающие электрическую энергию.

Сегодня это гигантские сооружения с высоченными трубами, с плотинами или атомными реакторами... Причем это не просто двигатель первого рода плюс электрогенератор, а еще и огромное хозяйство, состоящее из трансформаторов, устройств грозозащиты, измерительной аппаратуры и т. д.

Электричество отправляется в путь

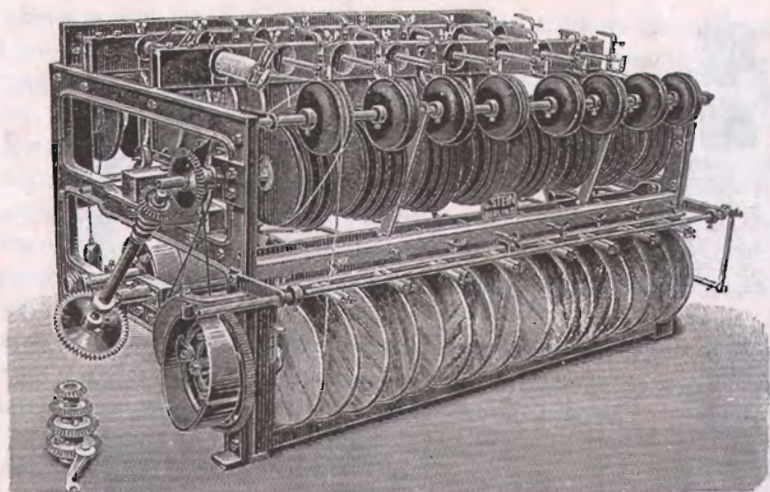
Главный барьер

Полученную энергию нужно было во что бы то ни стало научиться транспортировать на дальние расстояния. И для этого тоже следовало решить ряд проблем. Прежде всего требовалось создать дешевую технологию изготовления проводов. Затем научиться их надежно изолировать. Сколько мучений доставляла вязкая масса сургуча, смешанного с парафином, которой Василий Владимирович Петров изолировал провода, идущие от его «огромной наипаче» батареи к угольям дуги. А Павел Львович Шиллинг, изобретатель телеграфа и электрических мин, изолировал провода, уложенные в землю, пенькой, пропитанной озокеритом.

В 1949 году, в начале строительства ленинградского метрополитена, рабочие откопали кабель, проложенный Борисом Семеновичем Якоби. В деревянном желобе лежала заключенная в стеклянные трубки проволока, обмотанная суровыми нитками, которые были пропитаны смесью воска с канифолью. Лишь после изобретения в 1839 году способа вулканизации каучука этот материал стали применять для изоляции. Ох, дороги были первые провода, дороги!

Однако главным барьером на пути передачи энергии на большие расстояния оставались потери в проводах. Как их уменьшить? Можно, конечно, увеличить сечение проводов. Известно, что чем толще провод, тем сопротивление его меньше, меньше станут и потери. Но чем толще провода, тем они дороже, а это был отнюдь не пустяк. Для электрических проводов использовалась в основном медь, металл дорогой. Достаточно сказать, что при строительстве электросети стоимость соединительных проводов в XIX веке равнялась примерно трети стоимости станции.

Пожалуй, одним из первых опытов передачи энергии на сравнительно большое расстояние была работа французского инженера Ипполита Фонтена. На Венской выставке 1873 года он проложил кабель длиной более километра между двумя машинами Грамма. Одна из них давала ток, а другая работала в качестве двигателя. Однако потери даже в этой линии оказались настолько большими, что сам экспериментатор пришел к выводу, что экономичная передача электроэнергии на значительное расстояние вряд ли возможна вообще.



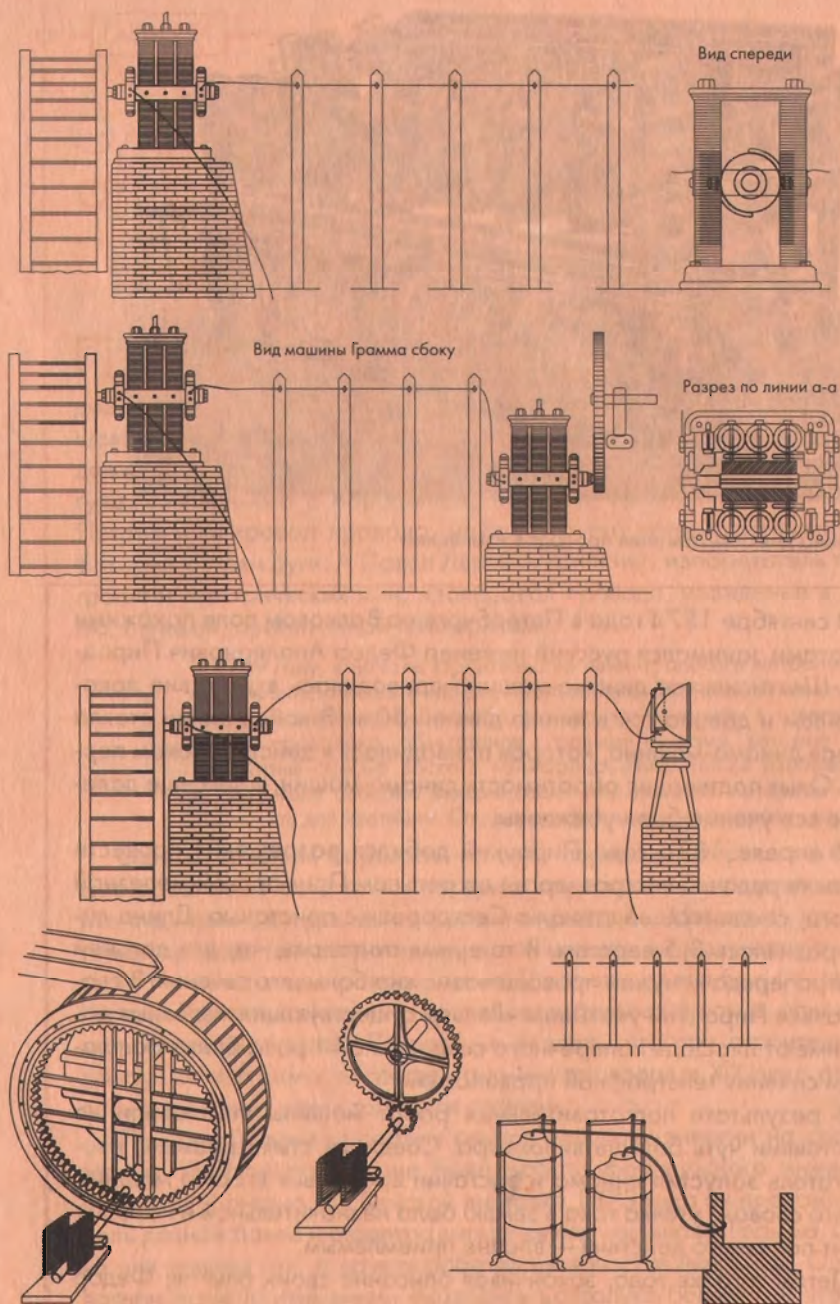
Машина для обматывания проводов изоляцией

В сентябре 1874 года в Петербурге на Волковом поле похожими работами занимался русский инженер Федор Аполлонович Пироцкий. Шестисильная динамо-машина приводилась в действие локомотивом и давала ток в линию длиной 50 м. В конце линии стояла вторая динамо-машина, которая приводилась в действие током первой. Опыт подтвердил обратимость динамо-машин, в чем еще далеко не все ученые были убеждены.

В апреле 1876 года Пироцкий добился разрешения провести опыты передачи электроэнергии по рельсам Приморской железной дороги, соединяющей станцию Сестрорецк с пристанью. Длина линии равнялась 3,5 верстам. В то время считалось, что для дальней электропередачи нужны провода возможно большего сечения. В своей заявке Пироцкий указывал: «Рельсы существующих железных дорог имеют площадь поперечного сечения в 644 раза большую площади сечения телеграфной проволоки».

В результате подготовительных работ машины установили на расстоянии чуть больше километра. Соединив стыки рельсов, изобретатель запустил динамо и заставил вращаться вторую машину. По его словам, утечка тока в землю была незначительной и коэффициент полезного действия — вполне приемлемым.

Летом того же года, заканчивая описание своих опытов, Федор Аполлонович утверждал: «...Выработанный мною способ приспособления готового рельсового пути к прохождению тока разрешает, по



Первый проект Ф. А. Пироцкого, представленный в его статье

моему мнению, вопрос передачи работы со стороны практической». Смелое утверждение. Тем не менее в 1880 году Пироцкий по разрешению столичных властей произвел опыт применения электроэнергии для городского транспорта в Петербурге. На Песках, в районе Дегтярного переулка и Болотной улицы, в парке конной железной дороги, он построил небольшую электростанцию. Рельсы конки являлись прямым и обратным проводниками. На раму двухъярусного вагона конки подвесили электродвигатель, который через зубчатую передачу приводил во вращение ведущую ось вагона. Общий вес вагона с пассажирами составлял около семи тонн. Тем не менее вагон поехал. Более того, схема Пироцкого без третьего рельса пользовалась некоторое время успехом. И лишь плохая изоляция рельсов от земли являлась причиной чересчур больших потерь.

Основываясь на скромных результатах, в 1877 году Федор Аполлонович выступил в «Инженерном журнале» с большой статьей «О передаче работы воды, как движителя, на всякое расстояние посредством гальванического тока».

Интересно отметить, что редакция журнала, смущенная смелостью Пироцкого, предварила статью своим примечанием: «Помещая эту статью, редакция слагает с себя всякую ответственность относительно практической стороны дела и смотрит лишь на предложение автора как на мысль, во всяком случае заслуживающую внимания».

На основании своих расчетов Пироцкий писал: «Не странно ли... видеть употребление динамоэлектрических машин исключительно лишь для освещения и частью для гальванопластики, тогда как они далеко с большею пользою могли бы служить для передачи работы, огня и света (как это показано на чертежах) и даже звука».

Таким образом, надежно овладеть электрической силой означало, прежде всего, умение заставить ее работать там, где требовалось. Другими словами, научиться ее транспортировать от электростанции к потребителю.

Линия Дебре Мисбах—Мюнхен

В 1882 году городские власти Мюнхена решили устроить в столице Баварии «электрическую выставку». Для демонстрационной электропередачи инженеры выбрали линию телеграфа. Организатор выставки Оскар фон Миллер пригласил французского физика Марселя Дебре, с которым был знаком по Первому международному конгрессу электриков 1881 года в Париже.

Марсель Дебре родился в 1843 году и в 1866-м экстерном закончил Высшую горную школу в Париже. До начала франко-прус-

ской войны 1870—1871 годов он занимался механикой и разработал оригинальный прибор, позволяющий измерять скорость движения снаряда в канале ствола пушки. Этим он обратил на себя внимание промышленных кругов Франции. Затем он довольно долго конструировал всевозможные физические приборы, изучал электротехнику

и к 1880 году, одновременно с русским электротехником Д. А. Лачиновым, пришел к выводу о независимости коэффициента полезного действия электродвигателя от сопротивления внешней цепи. Год спустя Дебре обосновал возможность передачи электроэнергии на расстояние без больших потерь.

Свои выводы он изложил в подробном докладе, который прочитал на конгрессе электриков. Тема была острой. Несколько месяцев спустя он получил предложение участвовать в устройстве линии передачи электроэнергии Мисбах — Мюнхен, согласился и возглавил техническую сторону проекта.

В Мисбахе на шахтах имелась небольшая паровая машина мощностью в две лошадиные силы и динамо-машина Грамма постоянного тока, способная развивать до 2000 В электро-

движущей силы. Но что представить на выставке в качестве яркой демонстрации переданной на расстояние электрической силы?

После долгих рассуждений решили взять вторую аналогичную машину Грамма, поставить ее в режим двигателя, соединить с центробежным насосом и перекачивать воду в резервуар, установленный на высоте нескольких метров, откуда вода будет низвергаться эффектным водопадом.

Вы можете улыбнуться: странный, дескать, способ демонстрации. Но здесь, по-видимому, вступали в силу национальные привязанности — немцы обожают водопады. Я был свидетелем, как почтенные обыватели выезжают в субботу за город, чтобы выпить кружку пива под шум падающей воды. Время от времени ее спускает из накопителя бармен с помощью обычного поплавкового затвора от бачка, веревка к которому спрятана за пивной стойкой. Вы бы видели, как радуются эти люди, когда начинает работать искусственный водопад — «вассерфалль». Почтенные бюргеры кричат «ура» и высоко поднимают кружки с пивом, приветствуя чудо — падающую с высоты 2—3 м струю воды. Миллер собирался перекачивать воду на высоту даже четырех метров!..



Марсель Дебре
(1843—1918)

К сожалению, машина Грамма на шахтах Мисбаха была старой, а шелковая изоляция ее проводов — сомнительной. Депре тянул и тянул с началом эксперимента, пока из Нью-Йорка не пришло известие о пуске Эдисоном первой в мире «фабрики электричества» — электростанции, обеспечивающей энергией несколько тысяч ламп, шестьсот семнадцать подъемных машин и пятьдесят пять лифтов. Правда, длина линии была небольшой... И Эдисон не боялся потерь в подземных кабелях. Но дольше оттягивать демонстрацию было нельзя.

15 сентября 1882 года, вечером, когда последние посетители покинули выставку, у бетонного ложа искусственного водопада, декорированного зеленью и снабженного вывеской «Марсель Депре. Силовая электропередача Мисбах — Мюнхен. Расстояние — 57 километров», собрались приглашенные. Миллер послал по телеграфу сигнал, и... двигатель заработал. Прошло несколько минут, и по бетону вниз полились первые струи воды. Браво!.. 57 километров! Такого еще не бывало в мире. Что из того, что установка работала с перебоями, а передача энергии шла с КПД всего двадцать два процента. Все понимали, что стали свидетелями начала начал и что впереди еще будут многие дальнейшие работы в этой области...

В тот же день Миллер послал телеграмму:

«Париж, Академия наук. Мы счастливы сообщить вам, что опыт Марселя Депре, имевший целью передачу силы по обыкновенной телеграфной проволоке из Мисбаха в Мюнхен на расстояние 57 километров, полностью удался.

Комитет специальных электрических исследований.

Секретарь О. Миллер».

В общем-то он, конечно, слегка лукавил. Потому что, несмотря на ликование, результаты опыта были ничтожны. Изоляция машины Грамма оказалась настолько ненадежной, что Депре не решился поднять напряжение выше полутора тысяч вольт. Паровая машина сломалась на следующий же день. А большое сопротивление проводов телеграфной линии съело большую часть мощности, вырабатываемой генератором. Но эффект все равно превзошел ожидания.

Главное заключалось в том, что Депре на опыте смог убедиться, что чем выше напряжение и меньше передаваемый по линии ток, тем меньше в ней потери. Это был важнейший вывод, к которому он пришел почти одновременно с русским электриком Лачиновым.

Получив финансовую поддержку от банкира Ротшильда, Депре построил еще несколько линий передач во Франции.

Несколько лет спустя соотечественник Депре Ипполит Фонтен повторил его опыт, взяв те же условия: передать сто лошадиных сил на пятьдесят километров при коэффициенте полезного действия 50%.

Он не стал строить специальную машину на задуманное напряжение в 6000 В, а соединил последовательно четыре машины, каждая из которых развивала до 1500 В, и получил требуемое напряжение. Также и на приемном конце он соединил последовательно три двигателя.

И все-таки именно Депре дал толчок практикам-электрикам к их работам по передаче электроэнергии на большие расстояния. Однако низкий коэффициент полезного действия вызвал среди довольно значительной части электриков скептическое отношение вообще к возможностям передачи энергии на дальние расстояния. Появились даже теоретические попытки доказать, что 50% — предел для электрических линий...

Но все трудности заключались, как мы сегодня понимаем, лишь в технических возможностях времени. Виновником больших потерь был прежде всего хорошо изученный и удовлетворяющий всем потребностям промышленности постоянный ток. Слишком трудно было поднять его напряжение до значительной величины. Оно было таким, какое снималось с клемм электрических машин. А повышать его более чем до 6000 В электрики боялись. Потребителям же работать с таким высоким напряжением было просто опасно. Последовательное соединение приемников оказывалось по большей части неудобным. Выход был один: требовалось перейти к переменному току. Его применение началось уже давно по инициативе П. Н. Яблочкова.

Я уже рассказывал, что для питания «свечей Яблочкова» переменный ток был удобнее, угли сгорали ровнее... Но самым замечательным свойством переменного тока являлась его способность к трансформации. И здесь, после работ Фарадея, после создания Якоби и Румкорфом первых индукционных катушек, Яблочков показал путь к практическому применению трансформаторов. У него они могли служить для разделения цепей генератора и потребителя и для так называемого «дробления света». Для линий передач переменного тока трансформаторы могли как угодно поднимать или опускать напряжение.

Правда, применялся переменный электрический ток пока только для освещения. Двигателей, работающих на нем, практически не существовало. Дело заключалось в трудностях принципиального характера. Однофазный двигатель не имел пускового вращательного момента, то есть не мог самостоятельно запуститься. Это обстоятельство затрудняло возможность его применения в технике электропривода. Решить проблему мог только переход к новой комплексной области электротехники — к технике трехфазного тока.

Повысить КПД!

После введения в обиход электрического освещения, дающего яркий свет и избавляющего потребителей от массы хлопот, естественно, стали возникать многочисленные компании по эксплуатации новой техники. Они брали на себя постройку генераторных блок-станций, электропроводку в домах и обеспечение потребителей лампами накаливания или дуговыми светильниками. Причем с каждым годом — нет, не годом, потому что бурное развитие электротехники вело счет на месяцы и недели, — появлялись новые генераторы, двигатели, разрабатывалась технология изготовления и прокладки кабелей. Сегодня, пользуясь современной компьютерной терминологией, мы бы сказали: требовались «комплектующие и принадлежности», «периферийные устройства», «сетевое оборудование» и так далее и тому подобное. Новая техника потребовала огромного дополнительного оборудования. С этого начинается каждое новое дело, имеющее впоследствии широкое применение. Ведь даже простой выключатель и предохранитель надо было сначала изобрести...

В 1885 году Марсель Депре построил специальную линию между Парижем и Крейлем — 56 км. Обошлась она очень дорого, поскольку частично состояла из свинцового кабеля. Напряжение должно было быть 7,5 кВ, а сила тока — 10А. Не получилось. С такими электрическими величинами электротехника еще не справлялась. В результате громадная, специально для этого опыта построенная машина массой около 70 т развивала мощность только 50 лошадиных сил. Напряжение колебалось между 5 и 6 кВ, и КПД передачи оказался снова не выше 40—45%. Полное фиаско замысла и банкротство в придачу.

Год спустя французский электротехник Ипполит Фонтен рискнул все же повторить печальный опыт соотечественника. Он не стал строить новых машин. Он соединил последовательно четыре динамо-машины, каждая из которых давала напряжение по 1500 В, и получил необходимые ему 6 кВ. Со стороны приемника он установил также три двигателя, которые могли крутить якоря генераторов низкого напряжения или служить в качестве привода для необходимых механизмов. Но и этот опыт показал, что коэффициент полезного действия был на уровне 50%. Еще одна неудача.

Для экономически целесообразной передачи энергии на большое расстояние требовалось повышать и повышать напряжение. Между тем строить генераторы постоянного тока на высокое напряжение электротехники не умели. Возникали проблемы с изоляцией, да и потребитель опасался столь высокого напряжения. Все эти трудности, с одной стороны, вызывали недоверие вообще к воз-

возможности транспортировки электроэнергии на большие расстояния, а с другой, благодаря бурному развитию трансформаторной техники, настойчиво подталкивали мысли к использованию переменного тока, который хоть и был менее знаком электрикам, но уже не являлся совершенной новинкой. Но в его использовании тоже были свои трудности.

Время «трансформаторных битв»

Мы помним, что явление электромагнитной индукции есть возникновение электродвижущей силы в замкнутом проводнике при изменении проходящего через контур проводника магнитного потока.

И открыл это замечательное явление Фарадей. Потом ряд изобретателей сконструировали индукционную катушку на разомкнутом железном сердечнике, в которую немецкий механик Генрих-Даниил Румкорф добавил вторую обмотку. Он включил в первичную обмотку гальваническую батарею с вибрационным прерывателем. При этом во вторичной обмотке, обладающей большим количеством витков, возникало высокое напряжение, позволявшее получать искру. Это была первая ласточка неизбежного наступления эпохи переменного тока.

Подобное устройство для практических целей впервые применил Якоби для дистанционного подрыва мин. А Петр Николаевич Яблочков запатентовал применение катушки Румкорфа для «дробления света». Его система — питание электрических «свечей» от одного источника

— демонстрировалась на электротехнических выставках 1881 и 1882 годов в Париже и Петербурге. В российской столице всю цепь смонтировал и показывал посетителям механик-самоучка Иван Усагин.

Иван Филиппович Усагин родился в деревне, в крестьянской семье и систематического образования, кроме церковно-приходской школы, не получил. Приехав в Москву, он поступил работать в университетские мастерские, изучил множество физических приборов и с успехом демонстрировал их действие на лекциях профессоров перед студентами. На Петербургской выставке он включал во вторичную цепь индукционных катушек не только свечи Яблочкова, но и нагреватель, и даже двигатель. Тем самым он показал, что система Яблочкова может быть применена для приведения в действие



Иван Филиппович
Усагин
(1855–1919)

любого прибора переменного тока. За свои работы Усагин был удостоен диплома, а позже Московское общество любителей естествознания, антропологии и этнографии присудило ему почетную премию.

Изобретатели осветительных приборов уже давно заметили, что для питания дуговых ламп можно пользоваться не постоянным, выпрямленным током, а током переменного направления. Это значительно упрощало задачу. Электрогенератору переменного тока ненужным становился коллектор. Конструкция машины оказывалась проще, а следовательно, и дешевле.

Сначала генераторы переменного тока находили себе применение только для нужд освещения, и динамо-машины, вырабатывавшие постоянный ток, держали первенство. Но постепенно в действие вступали и другие факторы, стимулировавшие развитие машин, вырабатывающих переменный электрический ток.

Наступил период, когда машины переменного тока, казалось, вообще начали вытеснять динамо. Но с изобретением трансформатора оба типа генераторов в конце концов сравнялись по своему значению, и каждый обрел в электротехническом хозяйстве свою область применения.

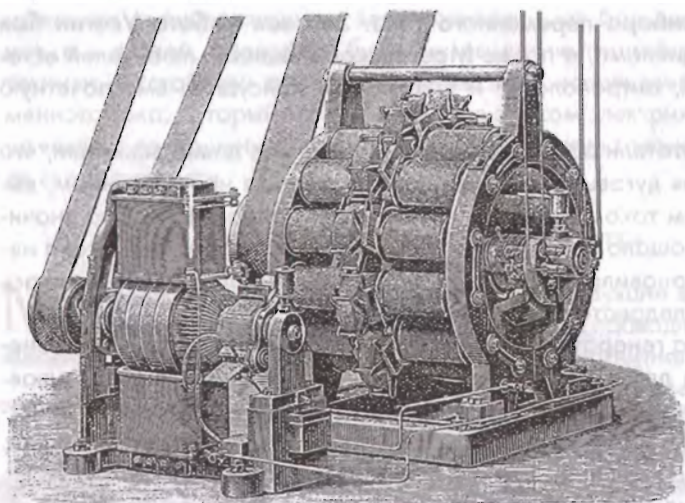
Машины переменного тока, начиная от выпущенной «Компанией Альянс», можно четко разделить на две группы. Если первая содержит в себе ранние образцы машин в общем-то для единичных применений переменного тока, то ко второй группе относятся электромашины отраслевые, то есть изготовленные специально для отраслей, пользующихся переменным током. В конце XIX столетия к таковым относились, например, машины предприятия Сименса и Гальске.

Особенно широко производство генераторов переменного тока развилось с постройкой центральных электростанций и линий электропередачи (ЛЭП).

Главное достоинство переменного тока — возможность его трансформации. Использовать же эту возможность помогла катушка Румкорфа, имевшая вначале две одинаковые обмотки. Но



Машина переменного тока Грамма



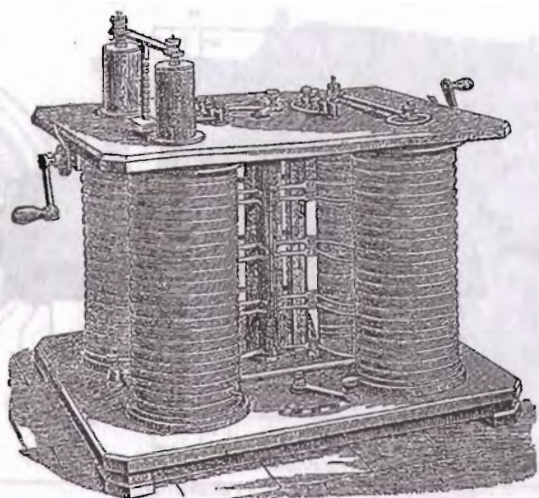
Машина переменного тока фирмы «Сименс и Гальске» и рядом машина постоянного тока для возбуждения электричества

в 1882 году французский электротехник Люсьен Голяр и английский банкир Дж. Д. Гиббс получили во Франции патент на катушку Румкорфа с разным числом витков в первичной и вторичной обмотках, названную ими преобразователем напряжения. Она позволила получать на вторичной обмотке более высокое напряжение переменного тока. Кроме того, напряжение на вторичной обмотке регулировалось выдвижением стержней сердечников. Эти трансформаторы были установлены в лондонском метрополитене на подстанциях и служили для освещения подземных помещений.

Демонстрировалось изобретение Голяра и на Туринской выставке в 1884 году. Но к этому времени братья Джон и Эдуард Гопкинсоны в Англии придумали первый трансформатор с замкнутым сердечником, который обладал существенно лучшими характеристиками по сравнению с катушкой, снабженной простым стержневым сердечником.

После создания однофазного трансформатора с замкнутым сердечником и параллельным включением обмоток стала возможна передача электроэнергии переменным током высокого напряжения на большие расстояния с малыми потерями.

Трансформаторы послужили одним из решающих аргументов в пользу перехода на переменный ток. Но и сторонники более изученного и привычного постоянного тока не сдавались. Постоянный



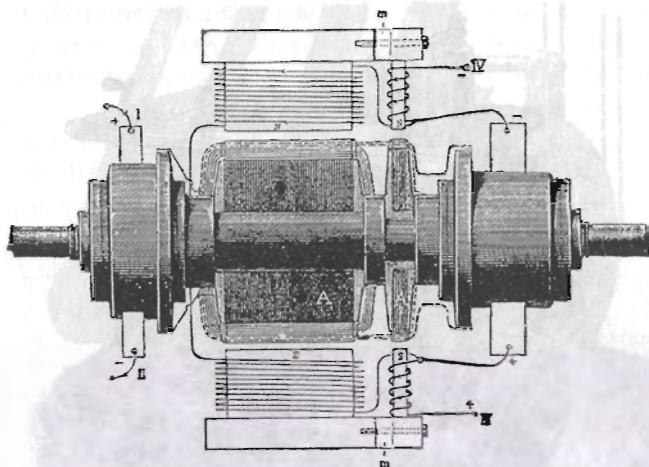
«Вторичный
генератор» —
трансформатор
Голяра и Гиббса

ток был необходим для телеграфии, в электрометаллургии, на транспорте, для прокатных станков и блюмингов, в судостроении.

Споры между приверженцами разных систем получили название «трансформаторных битв», настолько они были непримиримыми. Среди сторонников постоянного тока нашлось немало талантливых конструкторов. Они нашли способ заставить ток высокого напряжения вращать электродвигатель, соединенный с динамо-машиной, которая давала ток низкого напряжения. Это определило создание трансформаторов постоянного тока.

Промышленный интерес к подобным машинам проявила фирма «Шуккерт и К^о» в Германии. Во Франкфурте-на-Майне изобретатель Лемейер придумал разместить на одном якоре машины две обмотки: одну со множеством витков тонкой проволоки, а другую с малым количеством витков толстого провода. Каждую обмотку он соединил со своим коллектором. Получилась машина, объединяющая в себе и двигатель, и генератор. Назвали ее умформером, машиной, способной преобразовывать постоянный ток одного напряжения в постоянный же ток другого напряжения, то есть трансформатор постоянного тока.

Напряжение в однофазных цепях легко было повышать и понижать с помощью трансформаторов в любых пределах. Это снимало главную проблему передачи электроэнергии на расстояние. Но однофазные синхронные двигатели либо не имели пускового момента, либо запускались с большим трудом. И это сужало область применения однофазного переменного тока. На его долю оставалось



Трансформатор
постоянного тока
Лемейера

только электрическое освещение. Существующее производство такое решение не устраивало. И в бурно развивающейся электроэнергетике возник научно-технический кризис...

Die Neckarwasser murmeln in Frankfurt-am-Main (Воды Некара журчат во Франкфурте-на-Майне)

Вы, наверное, не забыли, как в 1824 году талантливый французский физик Доминик Франсуа Араго демонстрировал коллегам по академии феномен «магнитного вращения». Напомню, он вращал постоянный магнит под немагнитным медным диском, и тот послушно следовал за магнитным стержнем или подковкой.

Полвека спустя английский физик У. Бейли заставил вращаться медный диск в меняющемся магнитном поле неподвижных электромагнитов. Он доказал, что, будь таких электромагнитов бесконечное множество, магнитное поле стало бы равномерно вращающимся. Это было явление, довольно трудно постигаемое электриками той поры. Многие интересовались им, но больше всех, пожалуй, сделали для понимания и практической реализации феномена итальянский профессор, член Туринской академии наук Галилео Феррарис и перебравшийся в Америку сербский инженер Никола Тесла. Оба независимо друг от друга и почти одновременно сконструировали модели двухфазных индукционных (асинхронных) двигателей и объяснили их действие.

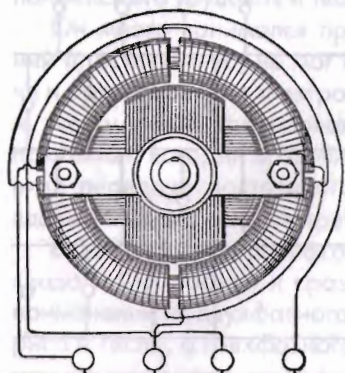
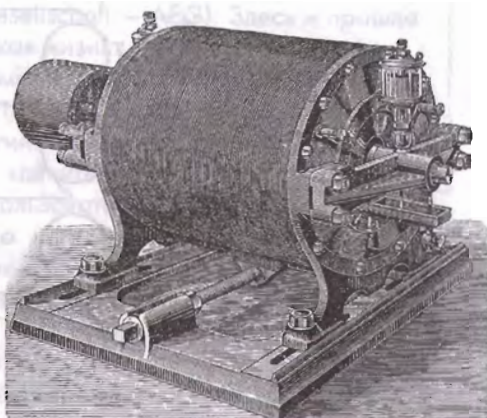


Схема первоначального двигателя Н. Теслы



Двухфазный индукционный (асинхронный) двигатель Н. Теслы, изготовленный на заводах Вестингауза

Феррарис полагал получать сдвинутые по фазе токи от одного генератора при помощи сконструированной им фазосмещающей системы. В отличие от итальянского коллеги, Тесла был всю жизнь сторонником двухфазной системы, считая ее наиболее экономичной. Это была его ошибка. Но выяснилась она позже.

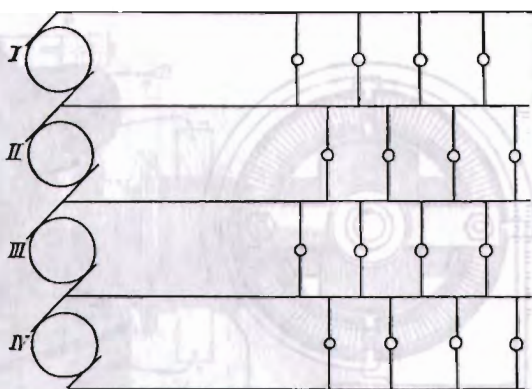
Двухфазная система требовала четырех проводов, что делало строительство более дорогим. Провода были, как правило, из меди. Именно медь имеет наименьшее электрическое сопротивление, поэтому и потери в медной линии были меньше, чем в стальной.

Тесла предложил четыре провода двухфазной линии передачи заменить тремя, объединив два из них в один — нулевой. Но по этому проводу шел больший ток, и его приходилось делать существенно толще. Выигрыш в металле оказывался ничтожным.

Тесла оказался не только исключительно талантливым инженером-изобретателем, но и весьма оборотистым дельцом. Так, только за 80-е годы он получил более 40 патентов на многофазные системы и в 1888 году продал их фирме Вестингауза, с которой сотрудничал несколько лет.

В то время конструкторы разных стран разрабатывали многофазные системы. В Англии много сил потратил на это Ч. Бредли. Он построил несколько оригинальных двухфазных и трехфазных генераторов. Однако, не будучи знаком с результатами опытов с вращающимся магнитным полем, он рассматривал все многофазные системы просто как сумму однофазных. И потребители на конце ли-

Схема пятипроводной системы распределения энергии между потребителями



нии передачи энергии должны были включаться в свою однофазную пару проводов.

Одну из первых многопроводных схем предложил швейцарский инженер Рене Тюри. И по его проекту была сооружена французская линия электропередачи Мутье—Лион длиной 180 км с напряжением 57 кВ. В строй она вошла в 1906 году.

На гидростанции Мутье последовательно были включены несколько динамо-машин. Напряжение подавалось в линию. В Лионе, на приемном конце, стояли также последовательно соединенные двигатели постоянного тока, которые, в свою очередь, вращали трехфазные генераторы переменного тока. И уж от них ток шел на предприятия и в дома города. Система получилась довольно сложной.

Тем не менее в мире было построено несколько многопроводных линий. Наибольшее распространение получила трехпроводная система распределения с двумя генераторами и вдвое большим напряжением в линии передачи. На нее в ряде городов стали переделывать даже уже имеющиеся двухпроводные системы.

Наибольший успех выпал на долю молодого русского инженера-конструктора германской фирмы «AEG» Михаила Осиповича Доливо-Добровольского.

Михаил Доливо-Добровольский родился в Санкт-Петербурге в семье чиновника. В шестнадцать лет поступил в Рижский политехнический институт, но в результате студенческих волнений был исключен и закончил образование в Германии на электротехническом отделении машиностроительного факультета Дармштадтского высшего технического училища. По окончании учебы получил предложение остаться преподавателем в том же училище. Он согласился, но скоро перешел на заводы фирмы «Всеобщая электрическая ком-

пания» (Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft — AEG). Здесь и прошла почти вся его трудовая и творческая жизнь.

Он много занимался проблемами электротехнических измерений и, естественно, не мог не интересоваться проблемами передачи и распределения электроэнергии. Так, он изобрел очень простой и экономичный трехпроводный «делитель напряжения», который позволил использовать в линиях передачи постоянного тока напряжение вдвое большее, чем у потребителей.

В 1888 году он познакомился с текстом доклада Г. Феррариса и сразу же стал думать о применении не двухфазного тока, как у Феррариса и Теслы, а трехфазного, то есть трех переменных токов, сдвинутых по фазе на одну треть периода (на 120°), создающих вращающееся магнитное поле. Но для широкого практического использования трехфазного тока следовало создать прежде всего соответствующий двигатель. И Доливо-Добровольский его изобретает. Это была удивительная машина с ротором, имеющим короткозамкнутую обмотку в виде «беличьего колеса». Михаил Осипович сразу же получает на него патент. Кстати, его конструкция асинхронного двигателя в принципе сохранилась и до наших дней, как, впрочем, и вся созданная Доливо-Добровольским трехфазная электрическая система.

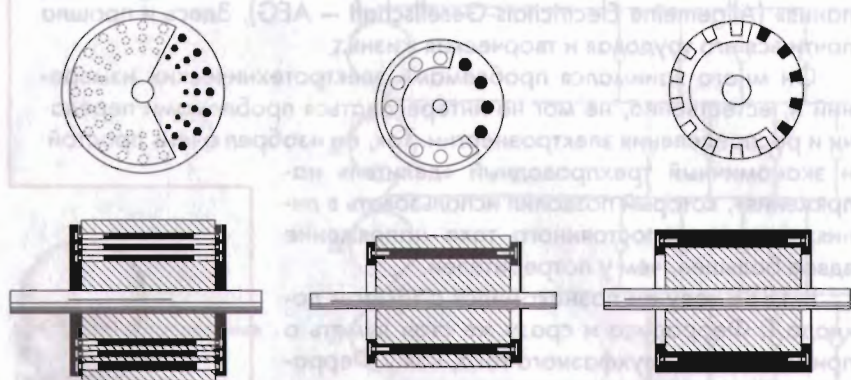
Далеко не все видели в трехфазной системе панацею от всех бед передачи энергии на большие расстояния. Для обеспечения в линии высокого напряжения переменного тока нужны были трансформаторы. А система Доливо-Добровольского требовала сразу трех однофазных трансформаторов вместо одного при однофазной системе или двух — при двухфазной. Но трансформаторы были дорогие. Нужно было считать, что дешевле: три провода трехфазной системы плюс лишний трансформатор или три провода двухфазной системы с двумя трансформаторами, при условии, что нулевой провод будет иметь больший диаметр.

В 1889 году Михаил Осипович изобретает трехфазный трансформатор. Он пробует разные конфигурации, пока в 1891 году не приходит к конструкции с тремя стержнями, расположенными в одной плоскости. Один из опытов применения трехфазного тока был осуществлен на Лауфенской электростанции.

Километрах в десяти от промышленного города Гейльброна находилось небольшое селение Лауфен с цементным заводом, кото-



Михаил Осипович
Доливо-Добровольский
(1861—1919)



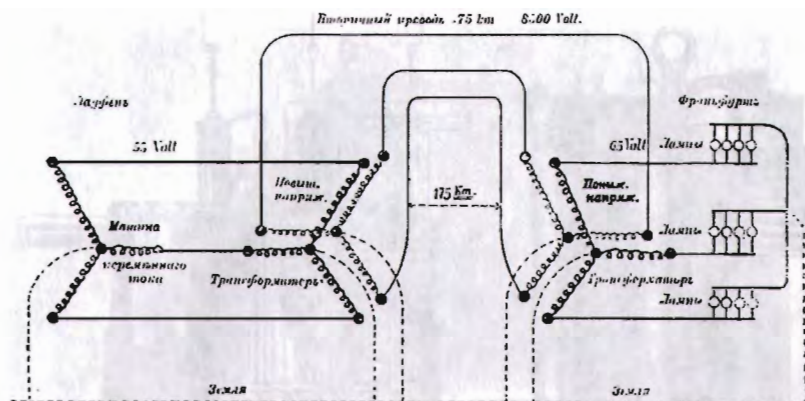
Варианты ротора с обмоткой «беличье колесо», представленные в патенте М. О. Доливо-Добровольского

рый использовал для своего производства часть водной энергии реки Некара. То ли дела у лауфенского завода шли не блестяще, то ли другая какая-то причина возникла, только вдруг среди руководства пошли настойчивые разговоры о необходимости дополнительных финансов. А откуда их взять? Увеличивать выпуск продукции? Но для этого нужно дополнительное сырье и оборудование, то есть те же финансы. Кроме того, необходимы были люди, дополнительные рабочие руки. А Лауфен — селение небольшое. И большинство его жителей уже так или иначе пристроены...

Слово «энергия» в переводе с греческого языка означает «деятельность». И в приложении к человеку определяет его решительность, настойчивость в достижении цели. В науке энергия есть общая мера различных видов движения и взаимодействия. Например, механическая энергия, тепловая, химическая, электрическая и так далее. Один вид энергии может превращаться в другой, и при всех превращениях общее ее значение не меняется. Это один из важнейших законов современного естествознания.

Обсуждения способов получения дополнительной прибыли в правлении лауфенского цементного завода пришлось как раз на время шумевших опытов передачи электрической энергии по проводам из одного города в другой. Помните линию Дебре на Мюнхенской выставке и последующие опыты?

Энергия, энергия... А нельзя ли ее продать? Рядом река, быстротекущий Некар. Нельзя ли заключить силу его течения при помощи электричества в провода и продать, скажем, в промышленный Гейльброн? Там бумажные и химические фабрики, металлические, винодельческие и прочие заводы, которым постоянно не хватает как раз энергии...



Схематический чертеж первичной станции в Лауфене на Некаре

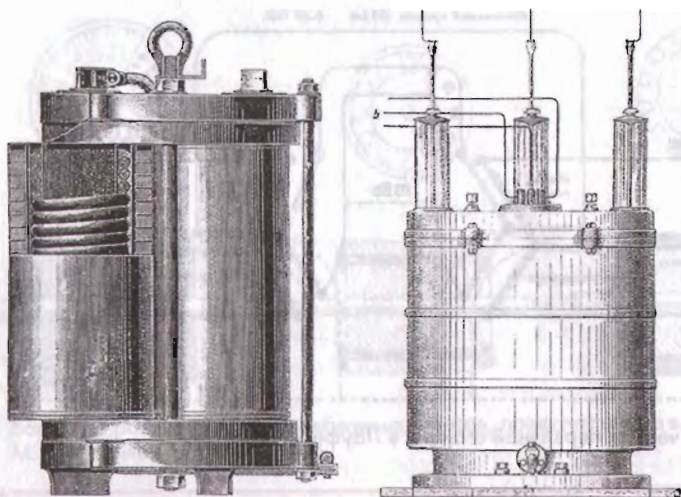
Сначала решили на готовой плотине поставить динамо-машину и соорудить десятикилометровую линию постоянного тока. Она как раз покрыла бы расстояние от Лауфена до Гейльброна. Но инженер Оскар фон Миллер, тот самый, который пригласил Марселя Депре для постройки линии передачи энергии из Мисбаха в Мюнхен, предложил использовать новый трехфазный ток. После некоторых раздумий дирекция цементного завода согласилась.

Но пока шли подготовительные работы, планы переменялись. Компания AEG предложила передать энергию из Лауфена не только в Гейльброн, но и дальше, во Франкфурт-на-Майне, за 175 км от места ее выработки! Победить такое расстояние даже в голову никому пока не приходило.

А поскольку большую часть расходов брала на себя AEG, то работы вскоре начались. На плотине в Лауфене поставили три турбины мощностью по 300 лошадиных сил и соединили их с машинами трехфазного тока. Толстые медные провода подвесили на восьми-метровых столбах, прикрепив их к большим изоляторам. Три отдельных повышающих трансформатора, обмотки которых были для лучшей изоляции погружены в минеральное масло, подняли напряжение до 8,5 кВ. Тоже, между прочим, небывалое напряжение.

У потребителей в конце линии поставили понижающие трансформаторы, которые питали изобретенные Доливо-Добровольским трехфазные двигатели, требовавшие напряжения 65 В. Таким же напряжением зажигали и лампочки накаливания.

Если учесть, что система носила все же характер экспериментальной, то можно признать ее успех полным! На Франкфуртской

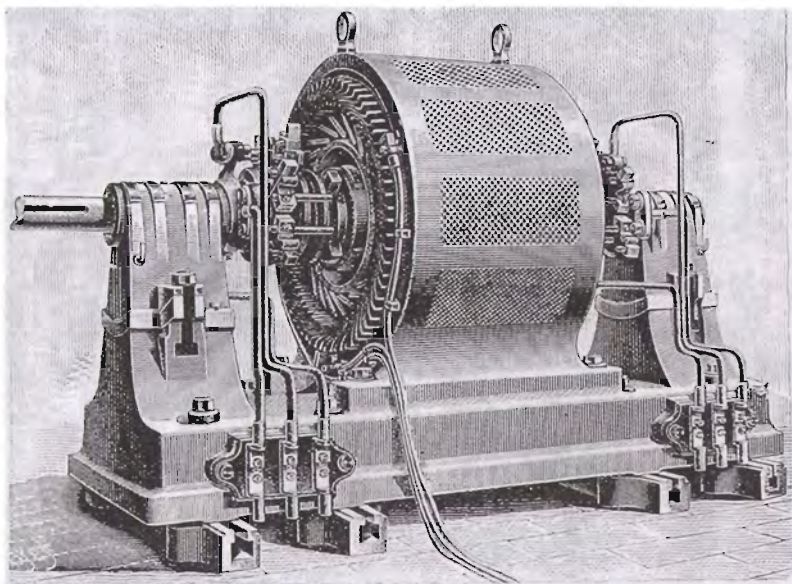


Масляный трансформатор Лауфенской электростанции

выставке энергия воды Некара, переданная по проводам, приводила в действие водяной насос, который поднимал воду для водопада на высоту 10 м. И снова посетители, задирая голову, терпеливо ожидали моментов пуска воды и в восторге кричали: «O! Das ist wundervoller Wasserfall! Die Neckarwasser murmeln in Frankfurt-am-Main!» («O! Это удивительный водопад! Воды Некара журчат во Франкфурте-на-Майне!»)

Удачный опыт дал мощный толчок промышленному развитию электрических сетей. Во всем мире люди стали внимательно присматриваться к запасам водной энергии. Несколько гидроэлектростанций были построены в Европе. Но самой большой в мире стала американская гидроэлектростанция, построенная на Ниагарском водопаде.

История этого строительства небезынтересна. Известно, что Ниагара находится на самой границе Соединенных Штатов и Канады. И в 1889 году, еще до пуска Лауфенской станции, в Америке возникло акционерное общество, которое приобрело права на использование от водопада 200 000 лошадиных сил мощности с американской стороны и 250 000 — с канадской. Совет директоров принял решение о постройке электрической линии передачи. По рекомендации английского электрика профессора Форбса электростанцию задумали разбить на отдельные части, каждая мощностью в 5000 лошадиных сил, и применить двухфазную систему Теслы. В целом Ниагарская электростанция была поистине грандиозным сооружением.



Двигатель трехфазного тока в 100 лошадиных сил конструкции М. О. Доливо-Добровольского, установленный во Франкфурте-на-Майне

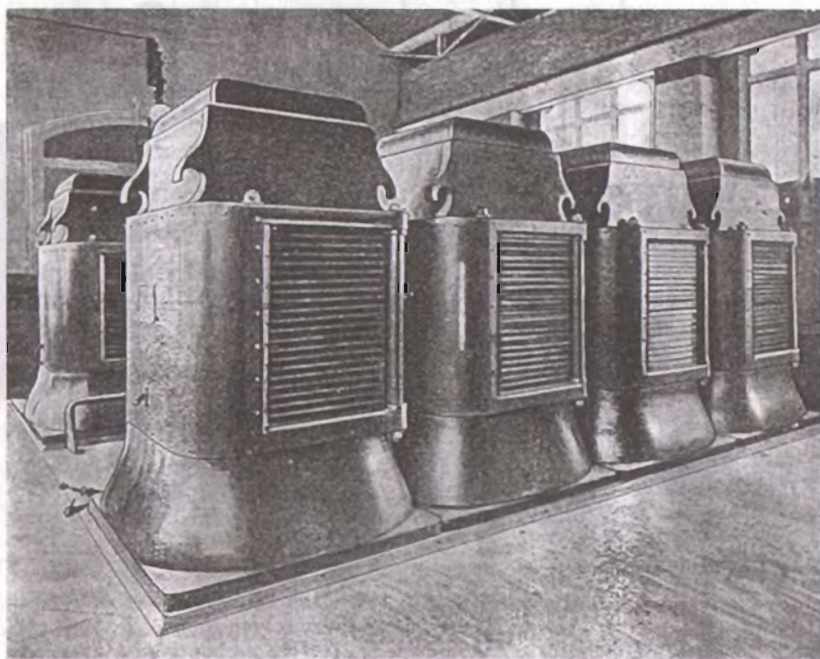
Но строителям не повезло. В своем первоначальном виде электростанция проработала недолго. Скоро практичные американцы убедились, что трехфазный ток гораздо выгоднее всех прочих систем. И станция встала на переделку.

Глава 12

Укrocение

Превращения

Превращение всякого другого вида энергии в электромагнитную, как вы знаете, осуществляется с помощью устройства, аппарата или машины, которую называют генератором. Так, в химических элементах мы превращаем одни вещества в другие, высвобождаем энергию химических связей и преобразуем ее в энергию электриче-



Трансформаторы Ниагарской гидроэлектростанции, повышающие напряжение до 11 кВ

скую. Используя силу падающей воды, пара или любого иного вида первичного двигателя, мы вращаем ротор генератора в магнитном поле и превращаем механическую энергию в электрическую. Используя силу ветра и солнца, мы тоже превращаем их энергию в электрическую, потому что электрическая энергия — самый удобный и легко транспортируемый вид энергии из освоенных человечеством.

Давайте еще раз пройдем по всей электроэнергетической цепи, но теперь не с исторической точки зрения, а с позиций техники. Первыми источниками электрической энергии, как вы помните, были гальванические батареи. От них зажглась и дала свет электрическая дуга, они закрутили первый электродвигатель. Но они же своей малой мощностью затормозили развитие электричества и его практическое применение.

С 1831 года — времени открытия Фарадеем явления электромагнитной индукции — начинается эпоха рождения и совершенствования электрических генераторов. Генератор — первое звено цепи. Мы уже познакомились с историей создания электрических генераторов, с непростым путем, по которому от вращающейся проволооч-

Зал динамо-машин мощностью в 5000 лошадиных сил на Ниагарской электростанции



ной рамки ученые, изобретатели и конструкторские коллективы пришли к современным гигантам-генераторам.

Специалисты делят пройденный путь на четыре этапа. Первый, охватывающий 20 лет, знаменует создание электрогенераторов с возбуждением от постоянных магнитов. Это время так называемых магнитоэлектрических машин.

Второй этап — время между 1851 и 1867 годом — объединяет тоже машины постоянного тока, но уже с независимым возбуждением, то есть не от собственных постоянных магнитов, а от электромагнитов, питающихся от постороннего независимого источника.

Третий этап характеризуется тем, что почти одновременно разные исследователи открыли принцип самовозбуждения. Вернер Сименс в 1867 году, рассказывая о сущности нового принципа, назвал его динамоэлектрическим. С этой поры генераторы с самовозбуждением, а потом и другие генераторы постоянного тока стали называть динамо-машинами, или просто динамо.

Четвертый — современный этап. Начавшись в середине 80-х годов XIX века, он продолжается по сей день. Его можно назвать эпохой переменного трехфазного тока. Именно он — трехфазный переменный ток — позволил осуществить передачу электроэнергии на далекие расстояния, создать единую энергетическую сеть и обеспечить надежную работу электропривода.

Развитие мощных трехфазных машин — турбогенераторов — началось с новым, XX столетием. Уже через 20 лет в США был изготовлен двухполюсный турбогенератор немыслимой, казалось бы, мощности — 62,5 МВт и частоте вращения 1200 об/мин. Но технический прогресс подгоняет сам себя и имеет тенденцию к ускорению. Одновременно с двухполюсными появились четырехполюсные турбогенераторы еще большей мощности. К 1937 году в СССР был разработан и построен самый мощный в мире турбогенератор мощностью 100 МВт и частотой вращения 3000 об/мин. Это была очень непростая работа. Энергетиков беспокоили проблемы охлаждения обмоток. Внушали опасения огромный диаметр ротора и расстояние между его опорами. Хватит ли прочности у металла? Трудности возникали и при создании громадных поковок для ротора. А какая точность обработки требовалась от электромашиностроителей... Ведь у гигантских машин есть недремлющий враг — вибрация, способная разрушить даже самую прочную конструкцию.

Великая Отечественная война задержала стремительный рост советского энергомашиностроения. Но после победы народное хозяйство потребовало еще более мощных машин. Были разработаны и построены турбогенераторы вдвое большей мощности, втрое, в пять и десять раз... Для Костромской ГРЭС был разработан проект турбогенератора мощностью 1200 МВт и частотой вращения 3000 об/мин.

Чтобы повысить мощность гигантских машин, было предложено много усовершенствований. Главным явилось увеличение плотности тока в обмотках. Вы спросите: «А как же с охлаждением? Ведь уже на довоенном гиганте их нагрев представлял собой проблему». Правильно! Дальнейший прогресс потребовал глубоких теоретических и экспериментальных исследований, создания опытных машин и уникальных испытательных стендов. Конструкторы ленинградского завода «Электросила» впервые в мировой практике разработали и внедрили водородное охлаждение роторов. Статор же охлаждался водой, которая текла по полым медным проводникам обмотки. Для крепления были применены новые материалы, позволившие насколько возможно убрать вибрацию и не допустить резонанса.

Аналогичный путь исследований и устранения трудностей проходили и зарубежные турбостроительные фирмы. В США и Японии ны-

не строятся турбогенераторы в основном с водородно-водяным охлаждением мощностью до 1100 МВт. Фирма «Сименс», создающая турбогенераторы для атомных электростанций, освоила выпуск агрегатов мощностью 1500 МВт, частотой вращения 1800 об/мин и частоте тока 60 Гц. Фирма использует только водяное охлаждение как для обмоток статора, так и для ротора. А фирма «Альстом-атлантик» построила для атомных электростанций серию четырехполюсных турбогенераторов мощностью 1600 МВт.

Однако такие гиганты, как выяснилось из опыта мирового энергомашиностроения, кое в чем проигрывали по сравнению с турбогенераторами средних мощностей. Особенно если сравнивать их с более простыми парогазовыми установками. Первый такой турбогенератор мощностью 150 МВт и частотой вращения 3000 об/мин с более простой системой воздушного охлаждения был построен в АО «Электросила» для Северо-Западной ТЭЦ в 1996 году.

Следующим, вторым, звеном нашей цепи является линия электропередачи, ЛЭП, с преобразовательными подстанциями, трансформаторами и всевозможными вспомогательными устройствами. Главная задача ЛЭП — экономичная передача электрической энергии от генератора к приемнику, от электростанции к потребителю. Сегодня линии представляют собой грандиозные сооружения из высоченных мачт-опор с подвешенными на них многокилометровыми проводами (не менее грандиозными являются и линии подземных и подводных кабелей).

Россия — самая протяженная страна в мире. Основное население и промышленность сосредоточены в ее европейской части, а источники электроэнергии в большей степени — в восточной. И с каждым годом для транспортировки энергии нам приходится строить линии электропередачи на все большие и большие расстояния. Вы, конечно, понимаете, что чем длиннее линия передачи, тем больше в ней неизбежных потерь. Чтобы их снизить (я уже не раз об этом говорил), надо повышать напряжение. Вы помните, что чем выше напряжение на линии, тем меньшая сила тока нужна для передачи одной и той же мощности. А чем меньше сила тока, тем ниже потери. Этими соображениями и руководствуются проектировщики и строители, испытывая на полигонах модели линий электропередачи на 100 и 1000 кВ.

Третье звено — потребитель, от электрической лампочки и до... Пожалуй, сегодня не то что перечислить основных потребителей, но даже обозначить их границы невозможно. Мы живем в электрическом мире, и этим все сказано. Представить себе жизнь современного города без электричества невозможно! Мы создали для себя

искусственный мир и не заметили, как сами оказались в его плену. Но пути назад не существует. Колесо истории и прогресса крутится только в одну сторону. Значит, надо работать дальше — изобретать, конструировать, двигать техническую мысль. Это интересно, в этом смысл жизни инженера.

«Mobilis in mobile» —

«ПОДВИЖНЫЙ В ПОДВИЖНОМ»

Помните, чей это девиз? Надпись была выбита на корпусе «Наутилуса», подводной лодки капитана Немо. Роман «Двадцать тысяч лье под водой» был написан Жюлем Верном в 1870 году. Запомните эту дату.

А теперь переберем в памяти некоторые подробности конструкции фантастического «Наутилуса». Длина — 70 м. Максимальная ширина — 8 м. Водоизмещение — 1500 т...

По сравнению с современными атомными подводными крейсерами — габариты скромные. Но вспоминаем дальше: двойной корпус из стали повышенной прочности позволял подводной лодке погружаться на любую глубину. При этом мощный прожектор разгонял мрак мира безмолвия на полмили вперед. Не поднимаясь на поверхность, «Наутилус» мог пройти до 4000 км!.. Знатоки скажут: «Тоже не очень...» Но я еще раз напомним — 1870 год! А какие подводные лодки знали к этому времени в мире?

1863 год. Во Франции спущена на воду подводная лодка, изобретенная капитаном Буржуа и инженером Брюном: 41,5 м длины, 6 м ширины и 3,5 м высоты. Лодка вооружена шестовой миной и благодаря машине, работающей на сжатом воздухе, развивает скорость до пяти узлов. После удачных испытаний и лестных отзывов комиссии лодка сдана порту.

1866 год. В России на Кронштадтском заводе построена и спущена на воду подводная лодка конструкции петербургского фотографа Александровского: длина — 33,5 м, ширина — около 4 м и высота — 3,5 м. Водоизмещение — 220 т. Двигалась она силой сжатого воздуха, который хранился в 200 газгольдерах. Испытание прошло удачно. Однако когда в дальнейшем лодку опустили на глубину примерно 30 м, обшивка не выдержала, и судно затонуло.

Строились в ту пору лодки в Англии и в Америке, так что сама идея подводного плавания, как говорится, витала в воздухе.

Но пока то, что выходило из мастерских, больше походило на цистерны. Это были клепанные из стальных листов неуклюжие, беспомощные аппараты. Двигатели на сжатом воздухе могли работать

не более получаса. Да и вообще большая часть этих монстров тонула еще на испытаниях. А «Наутилус»? Великолепный подводный корабль оживляло электричество!

Жюлю Верну было 10 лет, когда по волнам реки Невы поплыла против течения шлюпка, приводимая в движение «магнитной машиной» Якоби. Может возникнуть вопрос: откуда автор серии романов «Необыкновенные путешествия» черпал технические идеи для своих произведений?

Я не знаю, был ли знаком французский романист с трудами русского изобретателя, но можно предположить, что был. Потому что основные работы Бориса Семеновича Якоби публиковались не только в «Известиях Санкт-Петербургской академии наук», но и в Германии — в физико-химическом журнале «Анналы» Иоганна Поггендорфа, а также были изданы Парижской академией наук.

Однажды настойчивая английская журналистка Мэри Бэллок уговорила Жюля Верна показать ей свой рабочий кабинет, ввести ее в «тайное тайных». Ей пришлось подняться по узкой винтовой лестнице на верхний этаж, где она увидела скромную небольшую комнату со столом, рабочим креслом и кроватью.

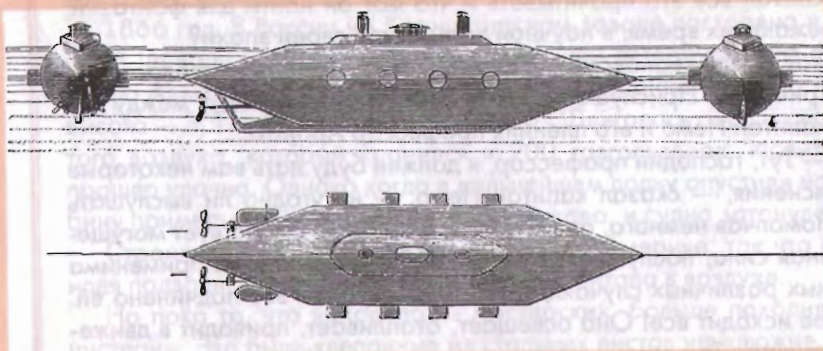
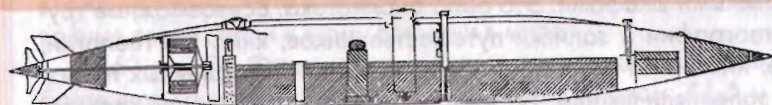
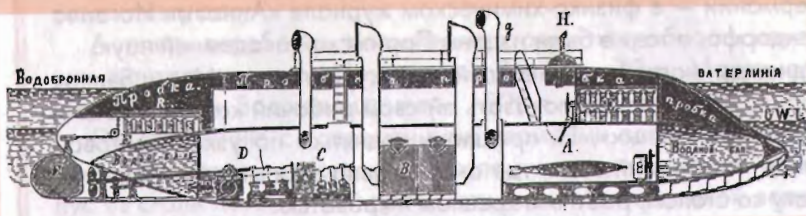
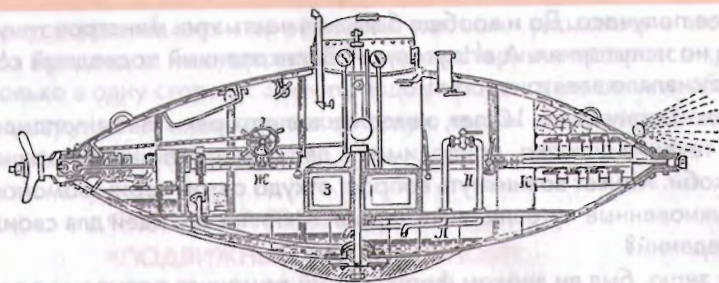
— Как, и это все? — удивилась журналистка.

И тогда хозяин дома повел ее коридором, сплошь увешанным географическими картами, и отворил дверь в комнату, заставленную книжными шкафами. Это была библиотека. Всевозможные труды по географии и записки путешественников, книги по геологии, физике, химии, по астрономии и технологии бесчисленных производств заполняли шкафы. Тут же находилась великолепная картотека, составленная самим Верном и содержащая интересные сведения по всем отраслям знаний. Громадный стол посередине был завален газетами, журналами и бюллетенями научных обществ. Когда он успевал все это прочитывать и что мог он найти для фантазий, опережающих время, в научной литературе своей эпохи?

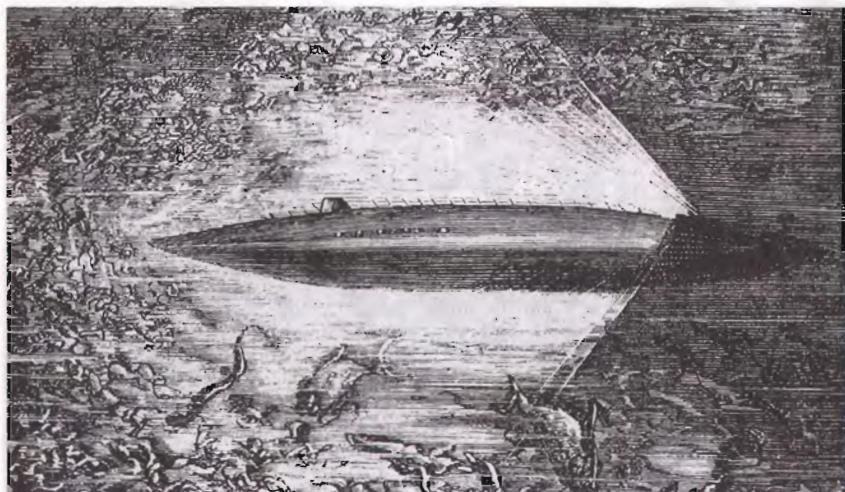
Итак, жюль-верновский «Наутилус» жил и действовал благодаря электричеству. Прислушаемся к диалогу, который ведут между собой капитан Немо и его пленник профессор Аронакс...

« — Тут, господин профессор, я должен буду дать вам некоторые разъяснения, — сказал капитан Немо, — не угодно ли выслушать их? Помолчав немного, он сказал: — В природе существует могущественная сила, послушная, простая в обращении. Она применима в самых различных случаях, и на моем корабле все подчинено ей. От нее исходит все! Она освещает, отопливает, приводит в движение машины. Эта сила — электрическая энергия!

— Электрическая энергия? — удивленно воскликнул я.



Подводные лодки XIX столетия



«Наутилус» капитана Немо

— Да, сударь.

— Однако ж, капитан, исключительная быстроходность вашего корабля плохо согласуется с возможностями электрической энергии. До сей поры динамическая сила электричества представлялась весьма ограниченной и возможности ее чрезвычайно ничтожны.

— Господин профессор, — отвечал капитан Немо, — способы использования электричества на корабле значительно отличаются от общепринятых...

Вот в чем оказывалась причина мощности «Наутилуса». Тайственные гальванические элементы, использующие, по словам капитана Немо, извлеченный из морской воды хлористый натрий, то есть обычную поваренную соль, в соединении со ртутью давали электрический ток и питали насосы и двигатели, освещали, отопляли и осуществляли вентиляцию подводной лодки. Поскольку капитан Немо был уверен, что его пленник отныне навсегда связан с подводным кораблем, он не скрывал от профессора Аронакса своих технических секретов...

« — Вы видите, — сказал капитан Немо, — я пользуюсь элементами Бунзена, а не Румкорфа. Последние не дали бы мне такого высокого напряжения. Батарей Бунзена у меня не так много, но зато работают они на большой мощности. Электрическая энергия, выработанная батареями, передается в машинное отделение, приводит в действие электромоторы, которые через сложную систему транс-



Первая электрическая дорога на Берлинской выставке 1879 года

миссий сообщают вращательное движение гребному валу. И несмотря на то что винт в диаметре равен 6 метрам, скорость вращения его доходит до 120 оборотов в секунду.

— И вы развиваете скорость...

— Пятьдесят миль в час.

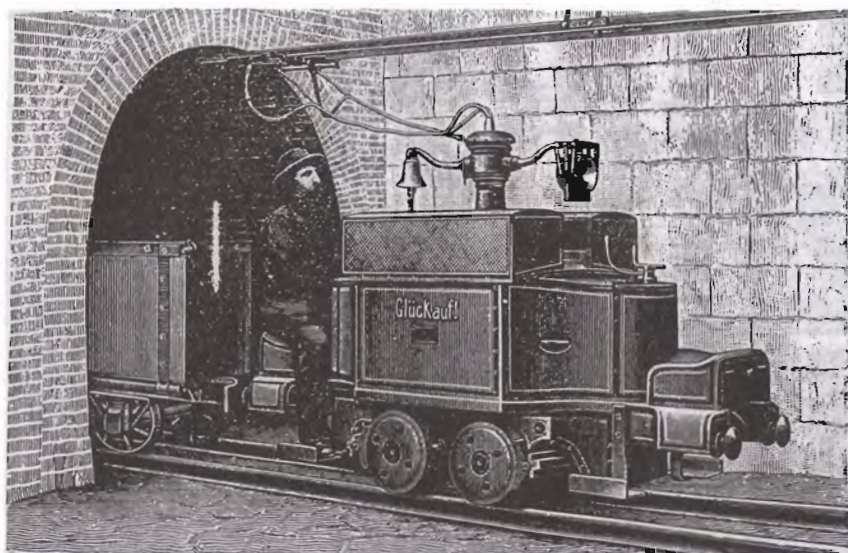
Тут крылась тайна, и я не настаивал на ее разъяснении. Как может электричество дать столь высокое напряжение? В чем источник этой сверхмощной энергии? В высоком ли качестве арматуры нового образца, в которой индуктируется ток? В системе ли трансмиссий неизвестной дотоле конструкции, способной довести силу напряжения до бесконечности? Я не мог этого понять...

Жюль Верн был убежден, что именно электричество «в будущем заменит ветер, воду и паровые двигатели», преобразует технику и коренным образом изменит жизнь общества.

Электростанции на колесах

Пожалуй, самой первой областью применения электродвигателей стал транспорт. Конно-железные дороги в разросшихся городах не справлялись с пассажиропотоком. Паровой транспорт не устраивал горожан из-за грязи, дыма и копоти.

Сначала инженерная мысль вертелась вокруг создания автономных тяговых устройств. Гальваническая батарея или аккумуляторы



Электрический локомотив фирмы «Сименс и Гальске» для рудников

размещались на лодке или в самом экипаже, там же стоял и питаемый ими двигатель. Эта система требовала совершенствования аккумуляторов и зависела от них.

После изобретения генератора Грамма внимание изобретателей перекинулось на неавтономные системы, в которых электрическая энергия передавалась по проводам к двигателю, установленному на экипаже.

В 1879 году фирма «Сименс и Гальске» построила на Берлинской промышленной выставке небольшую электрическую железную дорогу, способную перевозить пассажиров. Электроэнергия по отдельному контактному рельсу подводилась к двигателю моторного вагона, напоминающего современный электрокар. Обратным проводом служили рельсы, по которым двигался поезд, состоящий из моторного вагона и трех тележек. На них размещалось 18 пассажиров.

Затем американский инженер Ван-Депуль и Вернер фон Сименс независимо друг от друга изобрели питание моторного вагона от верхнего контактного провода. Новоизобретенный способ передвижения быстро завоевал популярность, и буквально в считанные годы во многих городах были построены электрические железные дороги (трамвайные линии). Нашли они применение и в горнодобывающей промышленности.



Один из первых американских трамваев с контактным проводом

Слово «трамвай» составлено из двух английских: tram — вагон и way — путь. В России первый трамвай был пущен в Киеве в 1892 году. Городские власти долго сопротивлялись постройке линии. Были испробованы конная и паровая тяги для подъема по крутой горке с окраинного Подола к Крещатику. Но ни то ни другое средство осилить подъем не смогло. Пришлось строить электрический трамвай.

Первый трамвай побежал по берлинским улицам, вернее, в берлинском пригороде в 1881 году. Электрический ток по рельсам подводился к двигателям мощностью всего по 4,5 лошадиных силы. Вагоны с открытыми площадками были рассчитаны на 24 пассажира. Потом американцы предложили верхний контактный провод с роликовым токоприемником, а еще через год немецкие изобретатели сделали контактную петлю.

С этого момента трамвай начал быстро распространяться и в европейских странах, и в США. Некоторые компании пробовали составить ему конкуренцию, вводя омнибусы с аккумуляторами, которые устанавливались под пассажирскими сиденьями. Но они оказались дороже в обслуживании и вообще в эксплуатации. Тем не

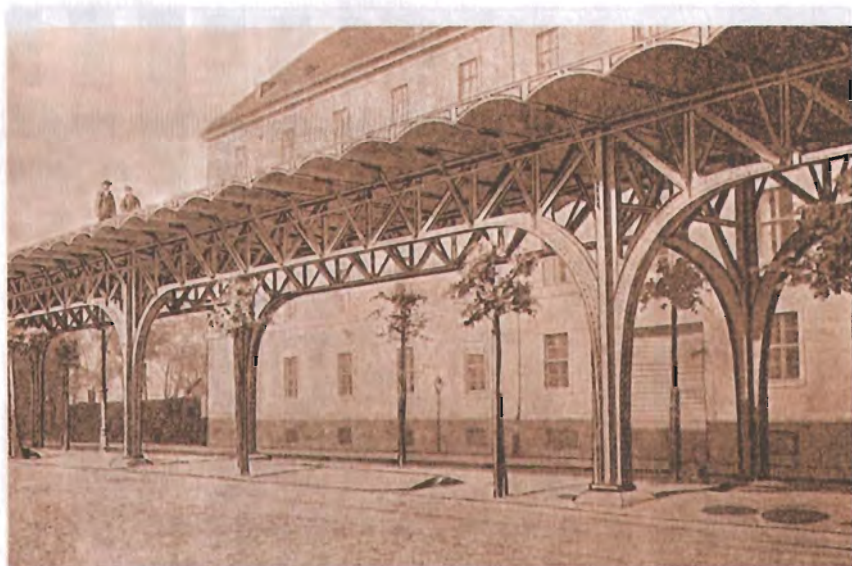


Немецкий трамвай с контактной петлей

менее городской электрический транспорт с автономным питанием довольно долго не сдавал своих позиций.

В местах, где городские власти не разрешали вешать воздушные провода, применялись вагоны с комбинированным питанием. В Ганновере, например, аккумуляторные батареи заряжались во время пробега вагона по пригородным участкам пути, снабженным контактным воздушным проводом, и запасали достаточно энергии, чтобы провести вагон по беспроводному центру города.

Теснота берлинских улиц, загруженность их транспортом и пешеходами вызывали неизбежное снижение скорости передвижения и это привело Вернера фон Сименса к мысли о постройке воздушной дороги. Однако он встретил категорическое противодействие со стороны полицейского управления. Десять лет проект пролежал под спудом, обрастая новыми подробностями. И когда в 1891 году фирма «Сименс и Гальске» добилась пересмотра своего предложения, то чиновники магистрата увидели план, на котором была изображена обширная сеть не только воздушных, но и подземных дорог. Город согласился на постройку одной линии, идущей от Варшавского моста к Зоологическому саду, с ответвлением к Потсдамскому вокзалу. И в 1893 году железные виадуки первой воздушной



Электрическая воздушная дорога в Берлине

электрической дороги в Берлине с положенными на них рельсами были воздвигнуты.

Примерно тогда же директор газомоторной фабрики Ланген предложил другую систему воздушной электрической железной дороги. Он пустил вагон не по рельсам, а подвесил его под ними. И «Акционерное общество Шуккерт и К^о» построило висячую железную дорогу Эльберфельд—Бармен в долине реки, соединив ряд городов.

В 1882 году родился новый вид городского транспорта — троллейбус. Первая троллейбусная линия была построена в Германии, в Шпандау.

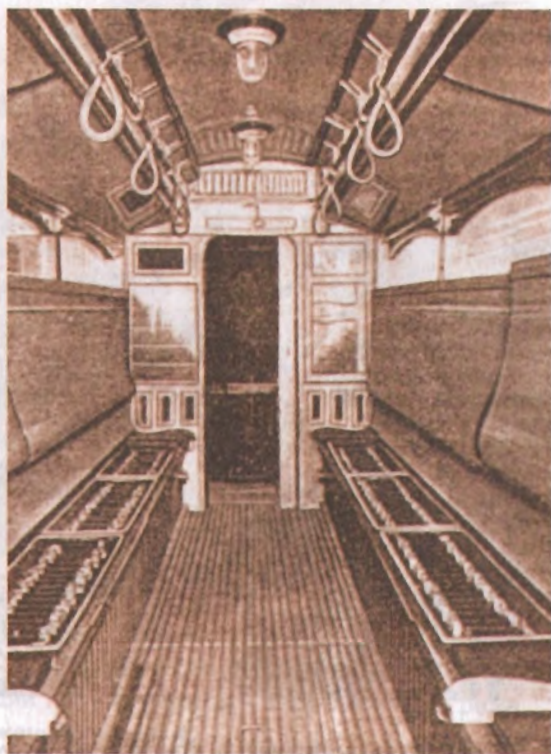
Слово «троллейбус» состоит из двух английских: trolley (так называется контактный провод с роликовым токоприемником) и bus — омнибус, автобус.

В России первые троллейбусы, построенные заводом «Динамо», появились в Москве в 1933 году.

Троллейбусы имеют много преимуществ перед трамваями и автобусами: они не столь шумны, не загрязняют атмосферу и очень просты в обслуживании, особенно в холодное время года.

Чтобы освободить улицы городов, дорожники уже давно строили подземные переезды, по которым шли поезда с обычными паровозами. Метрополитены строили разным способом. В Лондоне про-

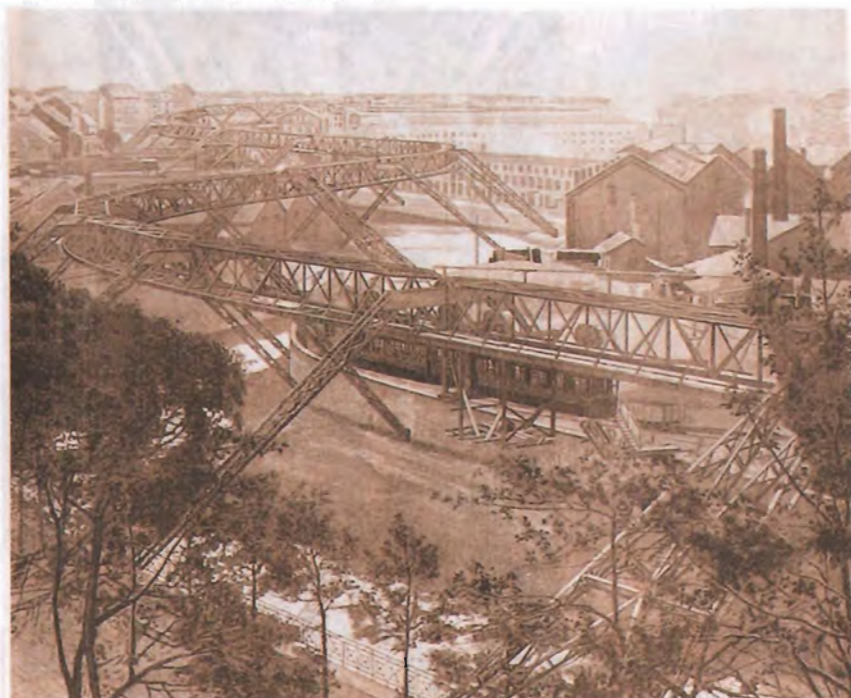
Так выглядели
аккумуляторные батареи
в вагоне «Большого
берлинского общества
городских дорог»



кладывали тоннели. В Будапеште рыли канавы вдоль улиц и перекрывали их мостовыми. С тех пор эти способы принципиально мало изменились. Разве что техника на строительства пришла другая. Сегодня метрополитен даже более привычен, чем трамвай, доживающий свое время. Главная проблема городского транспорта по-прежнему — теснота улиц. Большие города без подземок просто не могли бы существовать. И конечно, для движения в тоннелях электродвигатели оказались вне конкуренции.

Повсеместно на электрическом транспорте получил применение постоянный ток. Он обеспечивал удобное регулирование и надежную работу электродвигателей. Дальше, по мере перехода энергетического хозяйства на переменный ток, для транспорта и для других промышленных нужд пришлось разрабатывать и сооружать подстанции, преобразующие переменный ток в постоянный.

Сегодня электрический транспорт настолько развился, что его целесообразно разделить на системы. Сначала это железнодорожный и городской транспорт, а также подъемно-транспортное



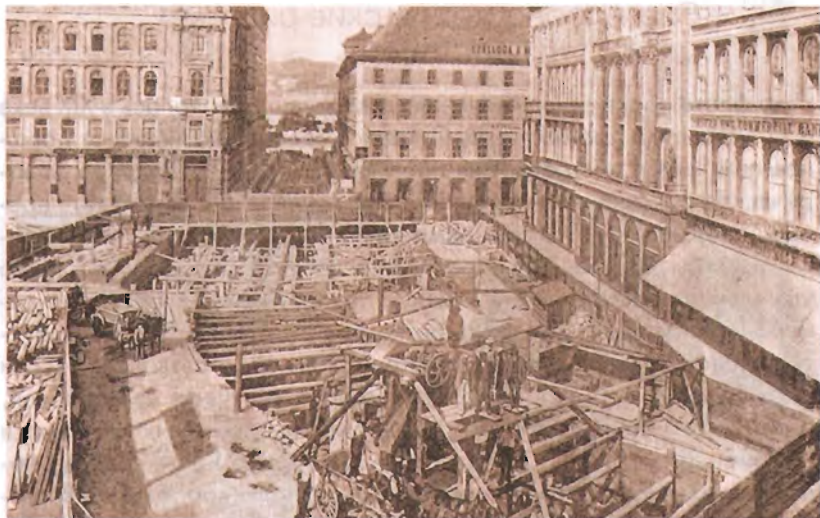
Электрическая висячая дорога Эльберфельд—Бармен

оборудование. За ним следуют судовые электроэнергетические системы. Наконец, авиационное и авиакосмическое электрооборудование. Каждая из систем имеет свою историю развития и свои особенности.

В железнодорожном транспорте по-прежнему существует два вида тягового подвижного состава. Один из них — автономный, с первичным двигателем (обычно дизелем) на локомотиве и связанным с ним генератором постоянного или переменного тока (синхронного). От генератора электропитание идет к тяговым электродвигателям, связанным с колесными парами, которые и гонят состав по рельсам.

Существует и неавтономный подвижной состав — хорошо знакомые всем нам «электрички», поезда метрополитена... Их двигатели получают электроэнергию через линию электропередачи от электростанции.

В зависимости от потребляемого тока, электрическая тяга бывает трех видов: постоянного тока с номинальным напряжением на то-



Строительство подземной дороги в Будапеште

коприемнике 3 кВ, однофазного переменного тока промышленной частоты с напряжением 25 кВ (в этом случае на электровозе придется ставить понижающий трансформатор и выпрямитель) и, реже, однофазного тока пониженной частоты.

В 1924 году на Коломенском машиностроительном заводе был построен отечественный тепловоз с электрической передачей по проекту инженера Якова Гаккеля. А первые восемь электровозов СССР получил в 1932 году из США. Кстати, на шести из них уже стояли отечественные двигатели, выпущенные заводом «Динамо». В том же году «Динамо» совместно с Коломенским машиностроительным заводом изготовил два отечественных аналога американских электровозов, и в проектном бюро начались работы по созданию отечественного электровоза, более подходящего для российских железных дорог. Первый шестиосный грузовой электровоз был выпущен в СССР в 1936 году. И дальше развитие электровозов постоянного тока шло по пути наращивания мощности, чтобы они могли таскать за собой более длинные составы.

После Великой Отечественной войны выпуск электровозов был освоен на восстановленном паровозостроительном заводе в Новочеркасске. В 60—70-х годах наши железные дороги получали электровозы из Чехословакии и Грузии. Но после распада СССР эти поставки прекратились.

Электроэнергетические системы морских просторов

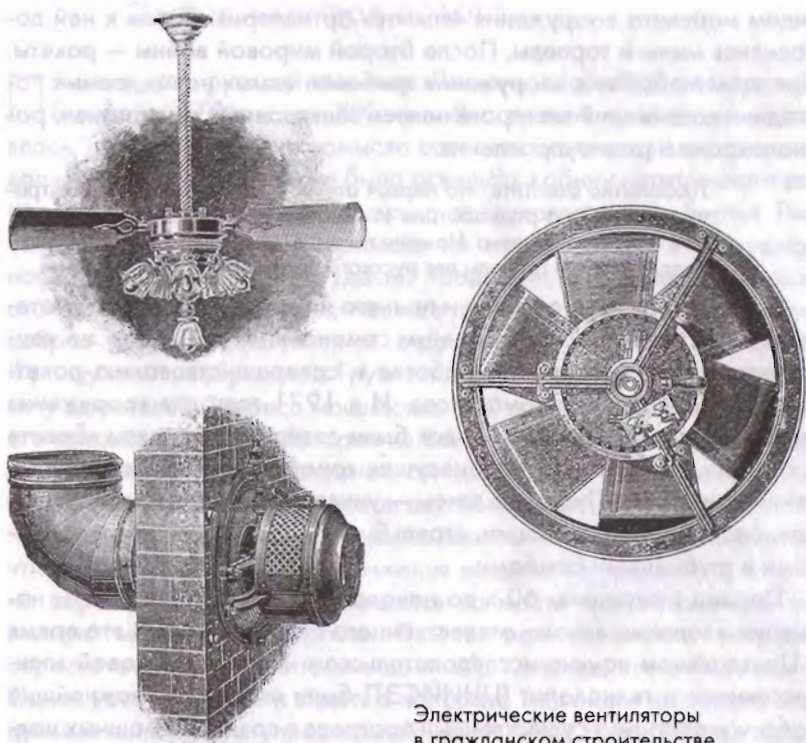
Во флоте практика применения электричества началась в XIX веке с установки прожекторов. Питались первые установки от поршневых машин с генераторами постоянного тока. Безопасное электрическое освещение внутренних помещений корабля трудно переоценить. Кроме всего, свет ламп накаливания продлил время боевой службы на военных кораблях. А электропривод существенно увеличил их боеготовность. Именно поэтому конец XIX столетия ознаменован усиленными разработками в этой области. После русско-японской войны, продемонстрировавшей отставание России в техническом вооружении флота и малую живучесть ее кораблей, основными источниками электроэнергии на кораблях становятся турбогенераторы. В 1911 году проектное бюро Балтийского завода предложило при проектировании линейного корабля «Севастополь» для обеспечения экономического хода судна использовать совместно дизель-генераторы и гребные электродвигатели постоянного тока. Но уже испытания минного заградителя «Амур» с двигателями переменного тока показали преимущество последних. И проект электроэнергетической системы «Севастополя» решили пересмотреть, с тем чтобы частично перевести на переменный ток.

С 30-х годов во всем мире при проектировании новых кораблей стали переходить к более простому и надежному электрическому оборудованию переменного тока.

После Великой Отечественной войны и восстановления промышленности нашей страны было принято решение о постройке мощных ледоколов для освоения Северного морского пути и специальных транспортных судов ледового плавания, способных следовать за ледоколами в условиях Арктики.

Первым дизель-электроходом отечественной постройки стал танкер «Генерал Ази-Асланов», вошедший в эксплуатацию в 1950 году. По его примеру дизель-генераторами со специально спроектированным оборудованием была оснащена большая серия китобойных судов и мощных рефрижераторов.

Корабли всех военных флотов мира стали оснащаться электронными системами радиолокации, управления, навигации связи и т. д. Все это требовало новых электроэнергетических мощностей. Корабли становились с энергетической точки зрения настоящими плавающими электростанциями. Например, на американском авианосце «Энтерпрайс» в бортовых отсеках установлены шестнадцать турбогенераторов мощностью по 2500 кВт каждый. Кроме того, имеются



Электрические вентиляторы
в гражданском строительстве

еще четыре резервных дизель-генератора мощностью по 1000 кВт. Получается, что на корабле располагаются двадцать самостоятельных электростанций, обеспечивающих живучесть всего сооружения.

Совершенно новые тактико-технические свойства всем кораблям, и особенно подводному флоту, придала атомная энергетика.

В 1958 году Советский Союз построил первую атомную подводную лодку. И это явилось крупным техническим достижением в области военного кораблестроения. А в следующем году вступил в строй первый в мире атомный ледокол «Ленин».

Долго, в течение десяти лет, с середины 60-х годов по заказу военных разрабатывался первый отечественный атомный надводный корабль, задуманный сначала как атомный сторожевик. В конце концов он был выпущен как тяжелый атомный ракетный крейсер с энергосистемой из четырех электростанций.

Но для успешной боевой работы, кроме движения и управляемости, корабль должен иметь надежное оружие. Сначала главным

видом морского вооружения являлась артиллерия. Затем к ней добавились мины и торпеды. После Второй мировой войны — ракеты. При этом любой вид вооружения требовал самых новых, самых последних достижений электротехники и электроники, радиосвязи, радиолокации и радиоуправления.

Любопытно отметить, что первая отечественная торпеда с электроприводом была разработана И. Ф. Александровским еще во второй половине XIX века. Но идеи талантливого конструктора не были поддержаны, и торпеды для русского флота закупались в Англии.

В 1950 году была создана и принята на вооружение первая отечественная торпеда с электронным самонаведением. Тогда же конструкторы приступили к разработке и совершенствованию ракетных противолодочных комплексов. И в 1971 году для вооружения первых атомных подводных лодок были созданы комплексы «Брест» и «Спрут». Для больших авианесущих кораблей — комплекс управления стрельбой «Пурга», а затем — универсальный комплекс «Лакана», способный производить стрельбу торпедами, ракетами-торпедами и глубинными бомбами.

Период с середины 60-х до начала 80-х годов специалисты называют «золотым веком» отечественного судостроения. В это время в Центральном научно-исследовательском институте судовой электротехники и технологии (ЦНИИСЭТ) были выполнены важнейшие работы и достигнут существенный прогресс в создании мощных подводных кораблей, снабженных различного рода ракетным, торпедным и артиллерийским вооружением, а также дизель-электрические и первые атомные подводные лодки. Военный флот получил тяжелые атомные ракетные крейсера, противоминные корабли, быстроходные ракетные и артиллерийские катера, мощные десантные суда на воздушной подушке и катера на управляемых подводных крыльях. В строй вступили атомные подводные лодки третьего поколения, вооруженные комплексами ракетного оружия «Гранит», которые не имели аналогов нигде в мире...

Для освоения природных ресурсов Мирового океана на судостроительных заводах в 80-е годы было начато строительство полупогруженных добывающих буровых установок и многоцелевых платформ, требующих электроэнергетического обеспечения большой мощности. Эти сооружения потребовали и новой энергетики. На повестку дня встает вопрос о внедрении сверхпроводниковых электрических машин, высоковольтного оборудования и нового увеличения единой мощности генераторов и нагрузки. Поистине технический процесс безграничен. Но, возможно, именно в этом и заключается его главное достоинство.

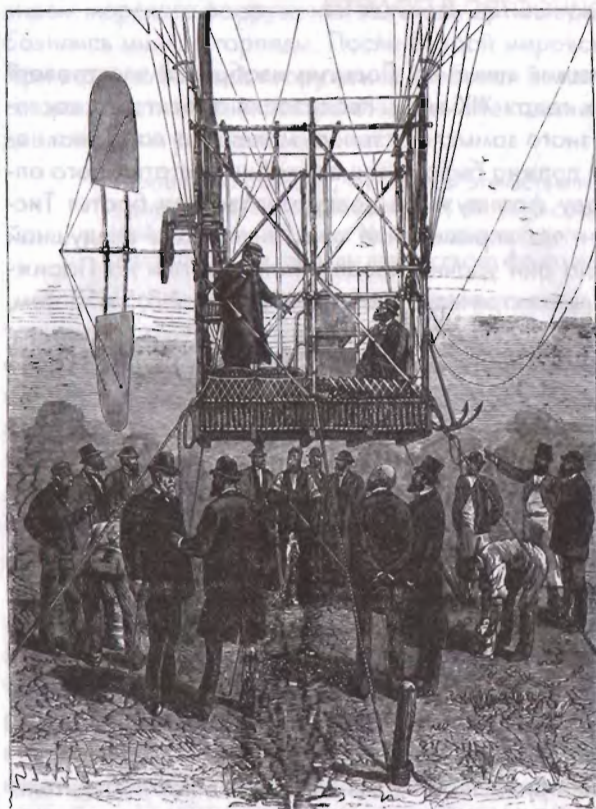
Помните, как русский инженер Лодыгин изобретал электролет? Было это в 70-х годах XIX века. Реализация проекта не состоялась, и от грандиозного замысла осталась маленькая лампочка накаливания, которая должна была освещать кабину летательного аппарата. В 1881 году французские воздухоплаватели братья Тиссандье взяли патент на «применение электричества в воздушной навигации». Сначала они удачно продемонстрировали на Парижской выставке модель электрического аэростата длиной 3,5 м. Затем, собрав деньги, приступили к строительству рабочего аппарата. Французский изобретатель Труве построил для него электромотор по типу двигателей Сименса мощностью 100 лошадиных сил и запускал его от гальванической батареи из 24 элементов. Искусный часовой мастер Виктор Татен, известный своими летающими моделями с тннухими винтами, спроектировал двухлопастный пропеллер.

8 октября 1883 года состоялось первое испытание. День был почти безветренный. Скорость движения воздуха не превышала 3 м/с, но аэростат с трудом удерживался на месте при включенном на полную мощность двигателе. При втором испытании скорость аэростата возросла, но только до 4 м/с. Конечно, этого было мало. Однако все так желали видеть в аппарате Тиссандье не просто воздушный поплавок, а управляемый новой силой аэростат, что предпримчивые братья полностью ощутили вкус славы.

Новая сила — электричество — заявила о себе и как победительница воздушной стихии. Французский рисовальщик и писатель-юморист Альбер Робиде выпустил в 1883 году фантастический роман «Двадцатое столетие» с массой рисунков, посвященных будущему триумфу электричества. (В 1894 году, переведенная на многие языки, его книга вышла и в России под названием «ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ. Двадцатое столетие».)

В книге множество забавных рисунков, которые показывают, какой представляли себе жизнь в электрическом веке французские романисты конца XIX столетия. Есть тут и телевизоры — автор называет их телефоноскопами, — и автоответчики... Многое из того, что казалось сто с небольшим лет назад фантастикой, в наше время осуществлено. Более того, электротехника шагнула неизмеримо дальше, в такие области, которые не снились даже самым дерзким фантастам. Особенно усердствует французский автор, описывая применение электричества на воздушном транспорте.

С самого начала авиации на борту аэропланов стали устанавливать источники постоянного тока. На военных самолетах в пери-



Испытание
аэростата
с электрическим
управлением
братьев Гастона
и Альбера
Тиссандье

од Первой мировой войны электрические лампочки освещали кабины пилотов и использовались для внешних габаритных огней. Ротор генератора приводил во вращение отдельный ветряной двигатель или привод от моторного вала. К примеру, на русском самолете «Илья Муромец» стоял генератор, дававший напряжение 500 В.

В СССР на пикирующем бомбардировщике В. Н. Петлякова в 1939 году впервые были применены различные виды электроприводов. Они обеспечивали управление различными элементами скоростной машины.

Новые самолеты требовали все больше электроэнергии. Это вело к увеличению веса электрооборудования. А проблема собственного веса всегда была одной из серьезнейших в авиации. Вот если бы можно было поднять напряжение... Но самолетное оборудование обслуживалось постоянным током. А поднимать постоян-

Могучая,
но не вполне еще
прирученная
рабыня
Электричество
(карикатура XIX века)



ное напряжение, как мы знаем, и сложно, и опасно. Назревала необходимость перехода авиационной электротехники на переменный ток.

Тут далеко не все было просто. Условием параллельной работы генераторов переменного тока является их синфазность, то есть строгое совпадение частоты. Обеспечить это в реальных условиях полета трудно. Но к середине 60-х годов многие трудности были устранены. Например, на борту транспортного самолета Ан-22 «Антей» (первый полет 27 февраля 1965 года), бывшего тогда крупнейшим в мире, кроме пилотажно-навигационного и радиооборудования, имелись электрическая грузовая лебедка, электротельфер, рольганговое и другое электросиловое оборудование. Все это обеспечивали энергией четыре генератора мощностью по 120 кВт каждый. На пассажирском самолете Ту-144 стояли четыре генератора переменного тока мощностью по 60 кВт.



Лекция по телефоноскопу

В последние годы наметилась тенденция создания смешанных электрогидравлических и электропневматических устройств. В них электричество выполняет функции управления, а силовые функции — менее инерционная и более легкая гидравлика. Но главным элементом в новом электромеханизме по-прежнему остается электродвигатель.

Автономные источники электроэнергии получили новый толчок развития с освоением космического пространства. К космической энергетике и электротехнике предъявляются особенно жесткие и специфические требования, прежде всего — высокая надежность, длительный ресурс работы без внешнего обслуживания и устойчивость к необычным условиям окружающей среды. Сегодня в качестве таких источников конструкторы используют в основном солнечные батареи и атомную энергию, получаемую с помощью либо реакторов, либо радиоизотопных источников. Частично применяются и химические источники электроэнергии. Каждый вид имеет свои достоинства и недостатки.

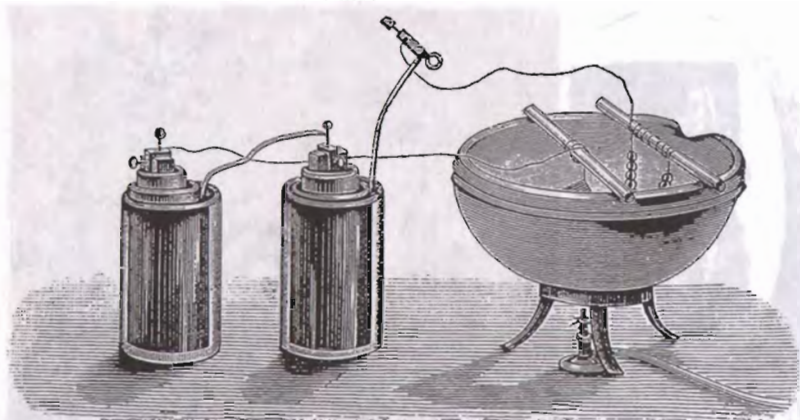


Воздушный
кабриолет

Так, аппаратура первого искусственного спутника Земли, запущенного СССР в 1957 году, работала от серебряно-цинковых аккумуляторов. Но уже на третьем нашем искусственном спутнике Земли в 1969 году стояли солнечные батареи в сочетании с энергоемкими аккумуляторами. «Крылья» солнечных батарей стали буквально символом космических станций и межпланетных кораблей. Неиссякаемая энергия нашего светила — что может быть более привлекательным для энергетиков?

Американская фирма «Спектролаб Инк.» разработала и поставила на своих спутниках солнечные батареи мощностью 10 кВт. Их солнечные элементы имеют двухслойную структуру и наносятся на германиевую основу. При этом наружный слой состоит из фосфата галлия с индием, который чувствителен к коротковолновой части солнечного спектра, а внутренний слой из арсенида галлия преобразует длинноволновую часть спектра.

Разработкой новых солнечных элементов заняты за рубежом многие фирмы. Ведущими в этой отрасли являются японская фирма «Шарп» и германская «Телефункен».



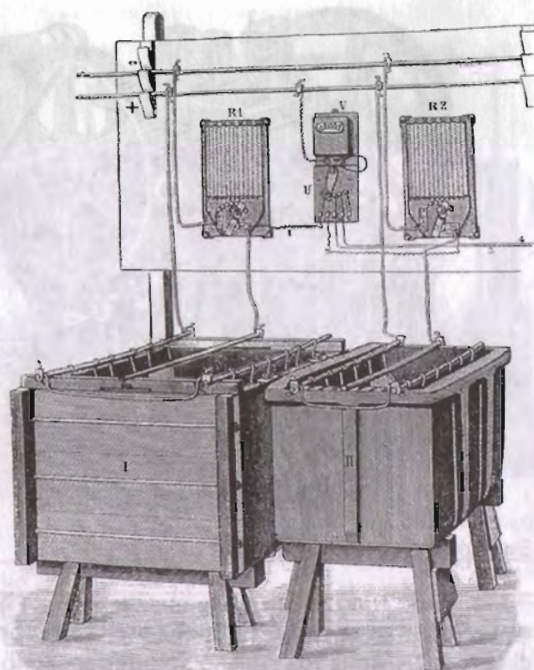
Опыты по золочению с помощью химических элементов

Электротехнология

Технология — это наука о воздействии на сырье или полуфабрикаты для получения конечного продукта. Технологией же называют и совокупность методов обработки, изменения состояния свойств, то есть опять же изготовление конечного продукта из материала-полуфабриката.

Занимаясь поисками более надежных источников питания для своего двигателя, Борис Семенович Якоби обратил внимание на то, что слой меди, оседающей на электроде, нарастает исключительно равномерно, повторяя в точности все неровности и все царапинки на поверхности электрода. При этом осажденный слой было довольно легко снять. Счастливая мысль поразила исследователя. Он снял с входной двери медную табличку, на которой было выгравировано его имя, сунул на место медного электрода и скоро получил точное негативное изображение надписи. Он взял тяжелый медный пятак и получил оттиск с одной и с другой стороны. Это было чудесное открытие. Ведь в качестве одного из электродов можно брать хоть серебро, хоть золото, а в качестве второго — металлическое изделие. Не очень долгий процесс под током от тех же гальванических батарей — и металл изделия оказывался посеребренным или вызолоченным!

Новыми опытами увлеклись многие. Открытие Якоби оказалось весьма своевременным. Россия готовилась к реформе перехода на денежную систему ассигнаций взамен кредитных билетов. Реформа затягивалась из-за изготовления граверами точных клише, которые нельзя было бы подделать. Изобретение Якоби снимало проблему.

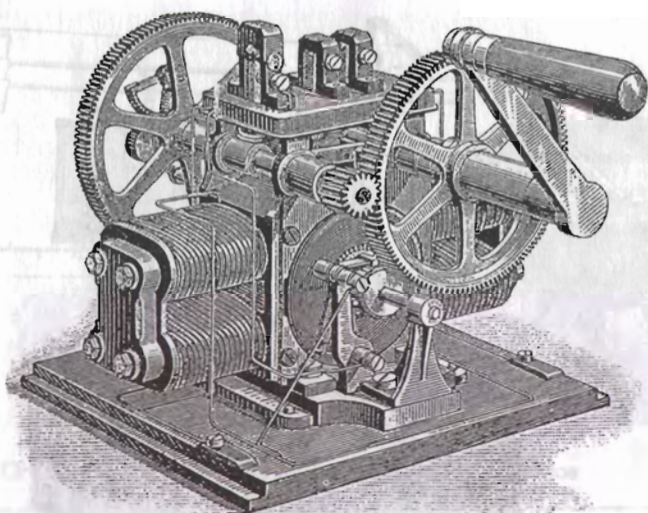


Гальванопластическая
мастерская XIX века

В 1842 году из печати вышло первое «Теоретическое и практическое руководства к золочению, серебрению, платинированию, лужению». Автор — А. Ф. Греков. Еще через два года — «Гальанизм в техническом применении» князя В. Одоевского. Процессами золочения в железосинеродистых электролитах активно занимался князь Петр Багратион. Отдал дань всеобщему увлечению и Эмилий Ленц, занявшись изготовлением копий медальонов методом гальванопластики.

Сам Якоби получил возможность организовать мастерскую гальванотехники.

В заказах недостатка не было. Статуи и барельефы для Исаакиевского собора, для Зимнего дворца и Петропавловского собора в Санкт-Петербурге, для Большого театра в Москве и для других зданий. Более сорока пяти пудов золота пошло на золочение куполов соборов Санкт-Петербурга и храма Христа Спасителя в Москве, все эти заказы выполнили мастерские гальванопластики. Чтобы познакомить со своим изобретением европейских ученых, Якоби сделал гальванопластическую копию с металлической пластинки, на которой было выгравировано: «Фарадею от Якоби с приветстви-



Электрический взрыватель мин

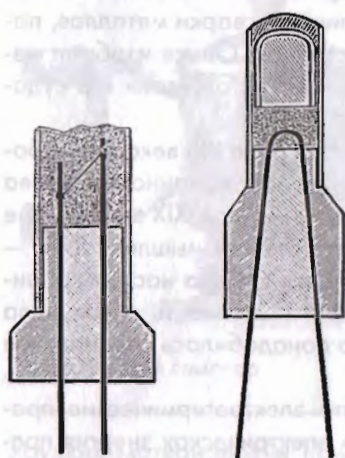
ем». Копия поехала в Англию, откуда скоро пришел ответ «короля физиков»: «Меня так сильно заинтересовало Ваше письмо и те большие результаты, о которых Вы даете мне такой обстоятельный отчет, что я перевел его и передал почти целиком издателям «Философический мэгэзин» в надежде, что они признают эти новости важными для своих читателей...»

Фарадей не ошибся. Мастерские гальванопластики стали возникать во всех странах. А отчет Якоби, представленный на Всемирной выставке 1867 года в «Записках Академии наук», оказался едва ли не самым популярным экспонатом.

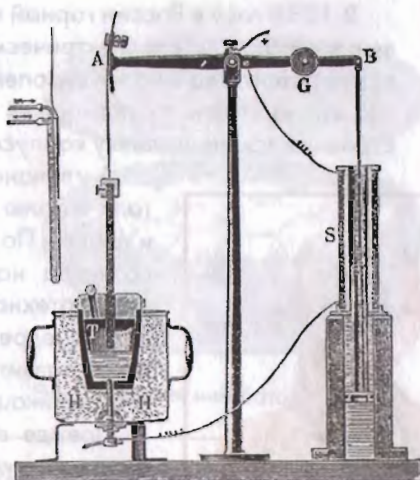
Интересно, что при раскопках в древних египетских гробницах археологи нашли немало деревянных предметов, покрытых слоем меди. Скорее всего, древние египетские жрецы владели способом гальванопластики. Искусство химического превращения строго охранялось в египетских храмах от непосвященных. Со временем и с нашествием арабов древнее искусство сначала забыли, а потом и потеряли его секреты.

В 1800 году английские физики Уильям Никольсон и Энтони Карлейль сообщили о том, что им удалось с помощью электрического тока от вольтова столба разложить воду.

Сегодня с помощью электрохимических процессов ведется в промышленных масштабах электролитическое разложение воды, получение хлора и щелочи, электрохимический синтез соединений, гальванотехника, получение и рафинирование металлов и другие процессы.



Электрические запалы мин



Электрическая печь Вильяма Сименса

В 1802 году Василий Петров исследовал электролиз воды, оксидов свинца, олова, ртути, а также электролиз органических соединений.

В 1838 году российский академик Борис Якоби заявил о разработанном им методе гальванопластики, создал целый ряд приборов, нашедших широкое применение в промышленности и военном деле. Среди них телеграфный аппарат и линия связи между Зимним дворцом, Царскосельским дворцом и Главным штабом. Наконец, во время Крымской войны он разработал новый метод подрыва мин с помощью магнитоэлектрической машины и создал дистанционный электрический минный взрыватель.

В запал мины вставлялся проводник, который раскалялся электрическим током, воспламенял запальную смесь и... ба-бах! Были и другие запалы, взрывающиеся от искры, которая проскакивала между проводниками от электрической машинки.

Для промышленного применения электродугового нагрева французы Дебре и Пишон, а также «английский» Сименс изобрели электроплавильные печи. В тигли с платиновым или угольным отрицательным электродом в днище загружали куски стали. С другой стороны присоединяли «плюсовой» провод от динамо-машины. Возникала дуга, которая плавил металл. Потом уже другие изобретатели придумали специальные печи для плавки металлов электрическим способом.

В 1888 году в России горный инженер Николай Гаврилович Славянов изобрел метод электрической отливки и сварки металлов, получив патенты во многих европейских странах. Он же изобрел метод «электрического уплотнения металлических отливок» и в судостроении заменил клепку корпусов сваркой.



Николай Гаврилович
Славянов
(1854—1897)

Англичане в самом конце XIX века разработали теорию и практику индукционного нагрева и плавки. По сути, к 90-м годам XIX века в мире возникла новая отрасль промышленности — электротехнология. Сегодня она настолько широко внедрена в промышленность и получила такое развитие, что понадобилась специальная классификация.

Прежде всего это электротермические процессы, при которых электрическая энергия преобразуется в тепловую, а уже та используется в технологии производства. При этом нагрев может происходить самым разным образом: либо как нагрев резистивный (нагрев сопротивления), либо — электродуговой. Нагрев проводников в электромагнитном поле — индукционный нагрев и нагрев диэлектрический, когда температура повышается в диэлектрике. Обрабатываемые

детали могут нагреваться в потоке плазмы, электронным лучом, с помощью лазера, в высокочастотном электромагнитном поле...

Примерами первых бытовых применений резистивного нагрева в XIX веке являлись электрические самовар, камин, инкубатор и грелка для щипцов, чтобы завивать волосы дамам...

Но затем идут более серьезные задачи — электросварочные процессы, которые не нуждаются в особом разъяснении. Достаточно представить себе картину цеха, где производилась электросварка при помощи вольтовой дуги. Все процессы и атрибуты нам хорошо знакомы. То же темное стекло, предохраняющее глаза от яркого света, те же или почти те же электроды.

Далее назовем электрофизические процессы, использующие различные физические эффекты для механической обработки. К ним относится электроэрозионная обработка. Суть ее заключается в разрушении участков заготовки под действием электрических разрядов. В качестве источников электрической энергии применяются специальные генераторы импульсов.

Метод электроимпульсной обработки давлением (электровзрывная обработка) применяется при штамповке, чеканке, дроблении



Электрический самовар



Электрический инкубатор

хрупких материалов и при вытяжке изделий. Есть и другие виды электрофизической обработки различных материалов: электронно-ионная технология, электроочистка с помощью сильного электрического поля. Нанесение защитных покрытий в электрическом поле, электропечать и другие...

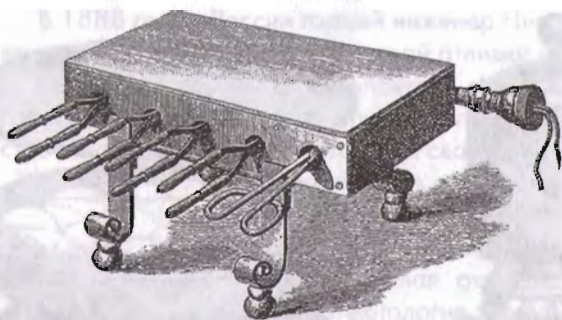
Следующим классом электротехнологических процессов является электрохимическая технология.

В середине 60-х годов XIX века в Англии инженер Эллингтон, используя имевшуюся в его распоряжении магнитоэлектрическую машину Вильде, попытался осуществить электрическую очистку меди. Но первая успешная установка для очистки меди была сконструирована в 1878 году фирмой «Сименс и Гальске». Электролитом служил раствор медного купороса, и медь с катода снималась достаточно чистой (99,5%).

Химические процессы, происходящие в электролите при прохождении через него постоянного электрического тока, называются электролизом. При этом на катоде выделяются продукты восстановления, входящие в состав электролита, а на аноде — продукты окисления. Количественные изменения описываются законами Фарадея.

На электролизе основано получение многих металлов, щелочей, хлора, водорода, кислорода, некоторых органических веществ и химических продуктов.

На электролитическом методе был основан способ получения цинка, золота, магния и, что особенно привлекало интерес промышленников, — алюминия. Благодаря электролизу этот легкий серебристый металл из драгоценного и труднодобываемого в малых количествах (в 1856 году один килограмм алюминия стоил



Электрическая грелка
для парикмахерских
щипцов

1200 франков) к концу XIX века превратился в широко распространенный и общеупотребительный (стоил он уже около 30 франков за килограмм).

С помощью электролиза получают и различные неорганические вещества. В частности, хлор и щелочь. В свое время американцы у Ниагарского водопада, рядом с грандиозной по своему времени электростанцией, построили завод для получения карбида кальция, который использовался в промышленности XIX века.

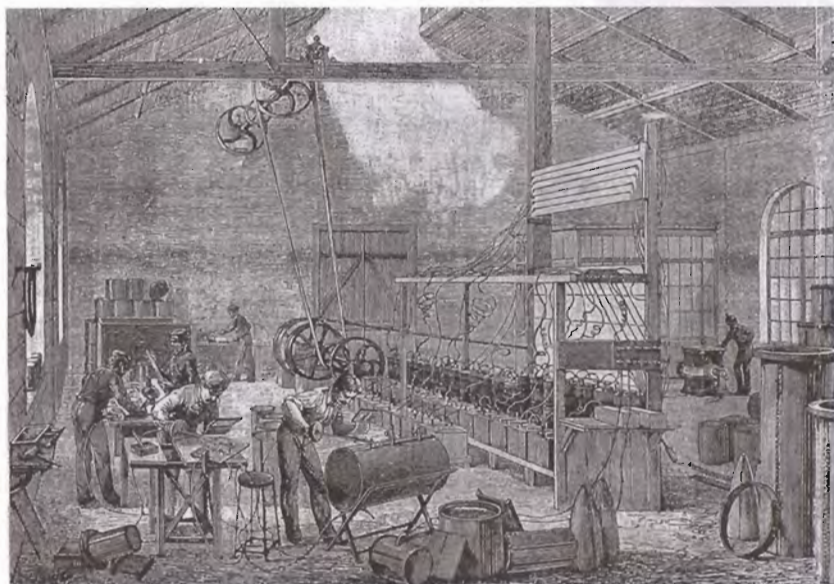
Широко применяется в промышленности и в других отраслях анодная обработка металлов, в частности, электрополирование и анодное оксидирование. Что такое полирование, я думаю, понятно каждому. Но на всякий случай напомним историю появления процесса. В 1910 году русский химик Е. И. Шпитальский обнаружил эффект полирования поверхности металла при погружении его в концентрированный раствор кислородосодержащих кислот и пропускании через раствор электрического тока. Сегодня таким способом осуществляется электрополирование многих металлов.

При анодном оксидировании поверхность алюминия становится более прочной и изнашивается не столь быстро.

ЛЭП

Выработка и потребление электрической энергии невозможны без создания крупных энергосистем. В их составе могут параллельно работать и тепловые и гидравлические электростанции. Это дало бы возможность наиболее эффективно использовать природные энергетические ресурсы. Такие идеи не могли не породить грандиозных проектов.

И вот в начале XX столетия появились очень интересные разработки инженеров Вьеля и Зергеля. Вьель предложил создание единой энергетической системы Европы.



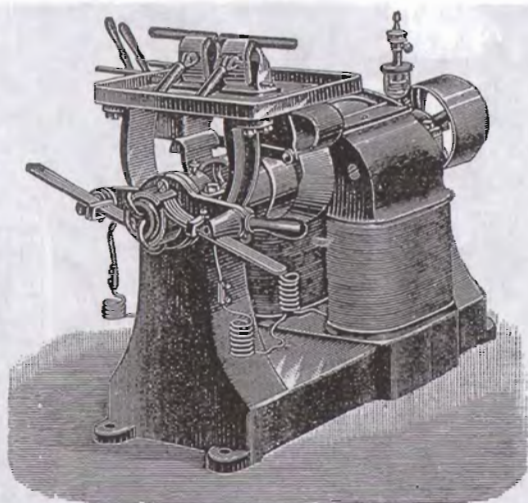
Сварка дугой

Но в 1911—1912 годах в Европе бушевали войны. Италия воевала с Турцией за земли Триполитании и Киренаики. В 1912 году началась Балканская война, а в 1914-м — Первая мировая... Войны и политика показали невозможность осуществления межгосударственных проектов.

Зергель предложил энергетическую систему Средиземноморья. По его проекту предусматривалось строительство громадных плотин в Гибралтарском и Дарданелльском проливах, а также Тунисской и Мессинской плотин. При этом уровень Средиземного моря в западной его части должен был понизиться на 100 м, а в восточной — на 200. Обнажившееся морское дно у берегов Южной Европы и Северной Африки даст дополнительные плодородные земли, а гидроэлектростанции, построенные на задуманных плотинах, обеспечат более 200 000 МВ • ч электроэнергии в год.

Интересный проект, жаль только, что кроме экономических трудностей глобального характера он не учитывал трудностей политических. По опыту человечество знает, что труднее всего оказывается договориться с соседями через границу. У всех свои интересы...

Строительство линий электропередачи в XX веке стало нарастать стремительными темпами. В начале века были построены первые линии на напряжение 35—40 кВ. Через десять лет напряжение под-



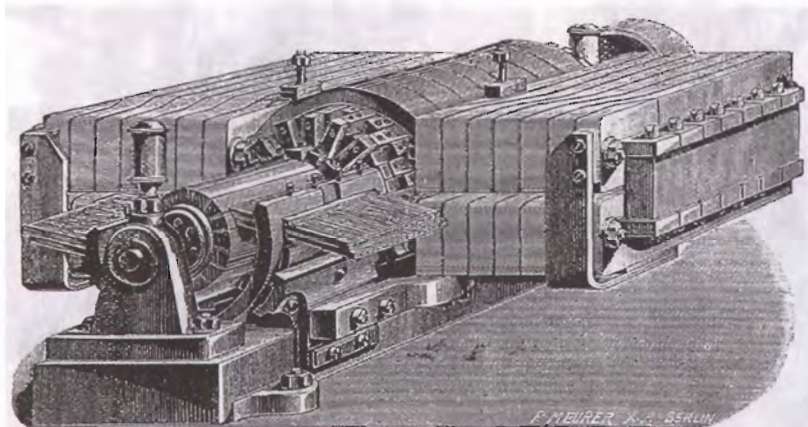
Сварочная машина
Томсона

нялось до 50–70 кВ, а еще через десять лет — до 100 кВ. Потом, в начале 30-х годов, американцы построили ЛЭП на 287 кВ, а после войны, в середине 50-х, — на 345 кВ. Напомню еще раз о причине гонки за высоким напряжением: выше напряжение — меньше потери в линии.

До 1990 года потери в сетях Министерства энергетики СССР были немногим меньше 10%. Много это или мало? Примерно столько же потребляла в то время одна из самых энергоемких отраслей — черная металлургия. Получается, что эти 10% — цифра громадная. Еще большее впечатление может произвести на вдумчивого читателя извещение о том, что при этом до 85% всех потерь приходилось на распределительные сети низкого напряжения... Весьма наглядные цифры, не так ли?

Для России с ее необозримыми пространствами строительство и совершенствование линий электропередачи имеют особенно важное значение. В 1956 году была введена в эксплуатацию ЛЭП на напряжение 400 кВ протяженностью 85 км. Ее проектирование началось еще до Великой Отечественной войны в Ленинградском политехническом институте под руководством профессора Александра Александровича Горева, одного из крупнейших отечественных ученых не только в области техники высоких напряжений и электроэнергетики, но и в электрофизике.

В ходе развития народного хозяйства в СССР еще в 30-х годы образовались две крупные научные электротехнические школы: ленинградская и московская. В Ленинграде при Политехническом институте под руководством А. А. Горева создается так называемое «Бюро



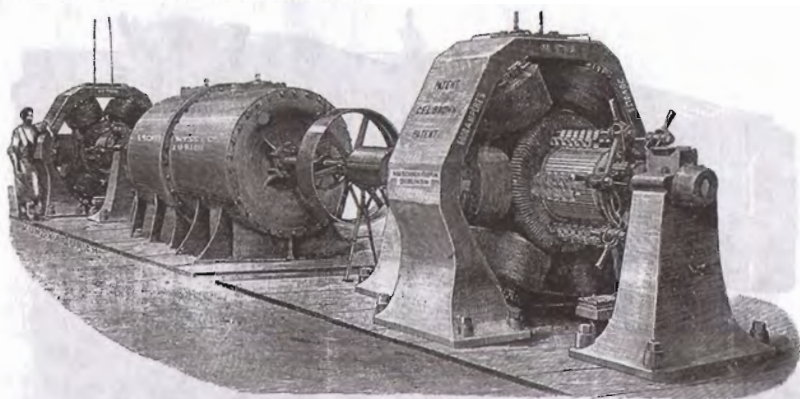
Установка с динамо-машиной для получения чистой меди электролитическим путем

Куйбышевских работ» для проведения предпроектных исследований ЛЭП на 400—500 кВ. Был построен знаменитый высоковольтный корпус, в котором исследователи получали на больших разрядниках искусственные молнии и изучали переходные процессы в линиях, а также работу изоляторов и их характеристики.

В послевоенное время проблемами сооружения сверхвысоковольтных ЛЭП занимались многие институты. Строительство крупных тепловых и атомных электростанций в европейской части СССР потребовало нового повышения напряжения в линиях передачи. В Московском энергетическом институте (МЭИ) ученые-энергетики Валентин Андреевич Веников и Теодор Лазаревич Золотарев разработали метод физического моделирования системы электропередачи. Была построена модель ЛЭП от Волжской ГЭС до Москвы, на которой отрабатывались основные проблемы новой техники. Позже такие физические модели взяли на вооружение специалисты всего мира. Многие проектные и научно-исследовательские институты работали над созданием ЛЭП на 500 кВ. Советские электрики строили высоковольтные линии электропередачи в Венгрии, Польше, Румынии и Болгарии.

В ноябре 1967 года под Москвой заработала во многом еще экспериментальная ЛЭП на 750 кВ, длиной около 100 км. Подобные же линии на 735—800 кВ в то же время начали разрабатывать и строить в ряде стран Северной и Южной Америки и в Японии...

Но в 70-е годы мир поразил энергетический кризис. И среди специалистов-энергетиков возникла идея, что для передачи энергии



Одна из первых генераторных установок на алюминиевом заводе, построенном на Рейнском водопаде

от тепловых и гидроэлектростанций на дальние, все увеличивающиеся расстояния скоро потребуются линии ультравысокого напряжения (УВН). В СССР был уже накоплен большой опыт в этом направлении. Однако при таких сверхвысоких и ультравысоких напряжениях перед инженерами и зарубежными специалистами, появились новые проблемы, связанные с электроизоляцией воздушных линий, подстанций и всего оборудования.

Может возникнуть вопрос: а что особенно трудного в повышении напряжения, скажем, на воздушной линии? Как ни странно, главная проблема — это проводимость воздуха. Ведь чтобы не происходило «пробоя» (короткого замыкания) между проводами, воздух должен обладать очень большим сопротивлением. Но его проводимость, к сожалению, после определенного предела начинает резко возрастать. И тут инженерам-электрикам приходится идти на массу ухищрений, чтобы «обмануть природу».

Некоторые специалисты стали связывать дальнейшее развитие передачи электроэнергии не с воздушными линиями, а с кабельными, подземными. Казалось бы, здесь-то проводимость должна быть еще выше, чем в воздухе. Но все дело в изоляции. Ученые предложили использовать в качестве изолятора газ, обладающий чрезвычайно низкой электропроводностью и большой электрической прочностью. Такой диэлектрик уже существует — это шестифтористая сера (SF₆). Электрики называют ее элегазом.

Энергетический кризис 70-х годов подтолкнул человечество к поискам удешевления энергоресурсов. Были открыты новые месторождения нефти и газа и придуманы новые способы их транспортировки.



Электрические печи завода карбида кальция у Ниагарского водопада

Построены громадные танкеры и газопроводы. Перевозка нефти и перекачивание газа по трубам оказались дешевле строительства и эксплуатации ЛЭП УВН. Интерес к дорогостоящим линиям ультравысокого напряжения тотчас же угас. Одна лишь Япония построила экспериментальную линию на 1100 кВ на опорах высотой до 120 м и длиной 250 км. На ней хотели отрабатывать ультравысоковольтное оборудование. Но пока, в начале XXI века, эта линия работает на пониженном напряжении в 550 кВ и судьба ее туманна.

В СССР в июне 1985 года было закончено строительство опытно-промышленной ЛЭП УВН на 1150 кВ, длиной 500 км, от Экибастуза до Кокчетова. Были спроектированы, построены и смонтированы подобные линии и на других направлениях. Но и они работают сегодня на пониженном напряжении. У создателей уникальных сооружений накопилось за это время великое множество интереснейших, пока не решенных вопросов.

Известно, например, что если проводник из чистого алюминия (99,99% Al) охладить до температуры жидкого водорода (-253°C , или 20 K), то его электрическое сопротивление уменьшится примерно в 500 раз! Это явление называется сверхпроводимостью. Температура, при которой сопротивление некоторых чистых металлов

и сплавов стремится к нулю, называется критической и приближается к температуре жидкого гелия ($-268,8^{\circ}\text{C}$, или $0,2\text{ K}$). Правда, для такого охлаждения пришлось бы затратить очень много энергии. Но сегодня известны уже сплавы, имеющие и более высокую критическую температуру. К сожалению, сверхпроводников, существующих в обычных условиях, мы пока не знаем. Однако есть немало специалистов, уверенных в том, что именно сверхпроводимость — будущее ЛЭП.

Продолжая разговор о линиях электропередачи, нельзя не упомянуть о многоступенчатых распределительных сетях, которые обеспечивают непосредственную передачу энергии от понижающих подстанций к потребителю. В них применяются разные значения напряжений. Если энергия подается по ответвлениям длиной 1 км, то напряжение может быть от 35 до 110 кВ. В пределах микрорайонов крупных промышленных городов, многих предприятий, на железнодорожных узлах обычное напряжение — 6 и 10 кВ, а в квартальных сетях, то есть в проводах и кабелях, что подводятся к распределительным щитам наших домов, к цехам заводов, напряжение не превышает 1000 В. Более дешевыми распределительными сетями являются, конечно, воздушные линии. Но в городах и на промышленных объектах приходится прокладывать кабели. Это большое и сложное хозяйство, требующее постоянного контроля и ремонта. И жители городов хорошо знакомы с ним, отмечая постоянно разрытые участки улиц и дворов, развороченные тротуары и прочие прелести кабельного строительства.

Говоря о линиях электропередачи, мы акцентировали все внимание на линиях переменного тока. Вряд ли это правильно. Сегодня и постоянный ток находит широкое применение в промышленности и на транспорте. Линии электропередачи постоянного тока имеют немало преимуществ. На их работу не влияют распределенные реактивные параметры, то есть емкость и индуктивность проводов. Это значит, что не нужно преодолевать накопления в них энергии.

Вы, наверное, знаете, что мощность в электрической цепи переменного тока бывает активной и реактивной. Активная мощность — это реальные потери на нагревание. А реактивная характеризует скорость накопления энергии в емкости и индуктивности цепи, обмен энергией между отдельными участками цепи. Без нее не обходится работа цепей переменного тока. Исследователи выяснили, что одним из эффективных средств повышения КПД линий электропередачи переменного тока могло бы стать уменьшение их реактивной мощности. Но для этого необходимо усложнение всей

системы, а следовательно, и ее удорожание. У цепей постоянного тока этих проблем нет.

Другим достоинством линий электропередачи постоянного тока является то, что персонал, обслуживающий не связанные между собой линии, может не заботиться о синхронности их совместной работы. Наконец, ЛЭП постоянного тока создают значительно меньше помех родственной электро- и электронной аппаратуре. Особенно значительны преимущества передачи постоянного тока по кабелям.

В 1947 году в ряде научно-исследовательских институтов СССР начались работы по созданию преобразователей для ЛЭП постоянного тока. Три года спустя была осуществлена первая в мире кабельная электропередача постоянного тока между Каширой и Москвой. Длина опытной линии составляла 120 км, напряжение — 200 кВ и мощность — 30 МВт. Позже построили и ввели в эксплуатацию уже крупнейшую в мире линию электропередачи постоянного тока Волгоград—Донбасс с напряжением 400 кВ и длиной линии 473 км.

В 1981 году началась передача электроэнергии через вставку постоянного тока Россия — Финляндия. Такие вставки облегчают и улучшают работу основных ЛЭП переменного тока. ЛЭП на 330 кВ от подстанции Ленэнерго Восточная шла до преобразовательной подстанции в Выборге. Там энергия преобразовывалась и по вставке постоянного тока уходила в Финляндию. На подстанции Юликкяля постоянный ток снова превращался в переменный с напряжением 400 кВ и входил в систему Иматран Войма, которая являлась частью энергообъединения Скандинавских стран.

Немалую роль играют в строительстве ЛЭП и средства защиты от перенапряжений. При ударе молнии в воздушную линию, в фазовый провод или в опору в проводе возникает импульс грозового перенапряжения. Он распространяется по проводами, дойдя до подстанции, может вывести из строя ее электрооборудование. Это особенно опасно на линиях сверхвысокого напряжения. У подстанций ставят специальные разрядники, а все сооружение защищают стержневыми молниеотводами, предложенными еще Ломоносовым.

Внутренние перенапряжения возникают в основном при переключениях. Оказывает влияние на развитие перенапряжений и коронный разряд на проводах воздушных линий.

Интересно, что еще в 1910 году российский ученый-электротехник Владимир Федорович Миткевич, будущий академик Академии наук СССР, предложил расщепление проводов фаз для подавления коронного разряда. Но тогда эта проблема не была столь актуальной. Напряжения на линиях были незначительными. И лишь сорок лет спустя предложенная идея была реализована и получила признание во всем мире.

До сих пор мы говорили в основном о том, как получать и транспортировать электроэнергию, и лишь вскользь — о ее использовании. Настало время поговорить на эту тему более основательно.

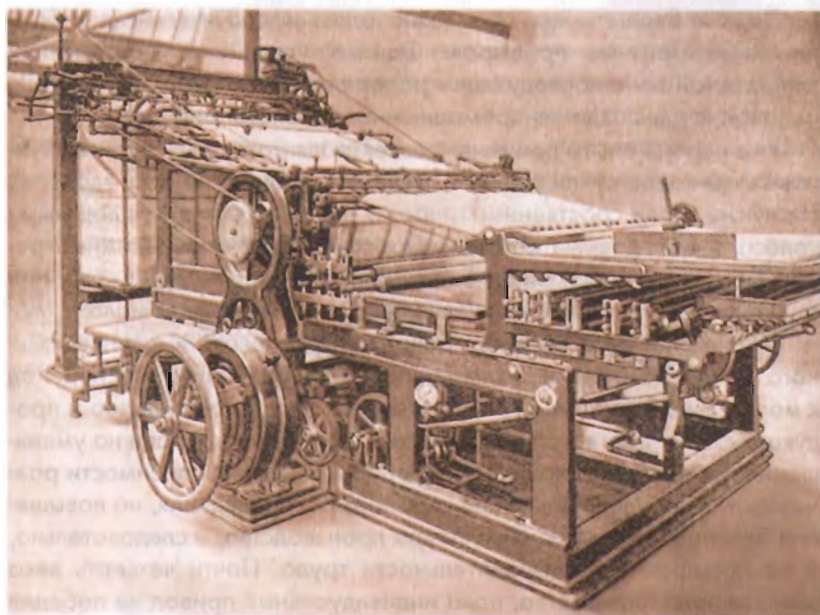
Главное преимущество электрической энергии в ее сравнительно легкой транспортировке для использования в отдалении от места получения, для превращения ее там снова в механическую или в любой другой вид энергии.

Цепочка превращения может быть разной и зависит от уровня развития техники и экономической целесообразности. Согласно закону сохранения, энергия не возникает из ничего и не исчезает бесследно. Она может только превращаться из одного вида в другой. Это мы помним. И вся история цивилизации — это борьба за энергию и превращение ее человеком в нужные ему формы. Костер доисторического человека — превращение энергии, накопленной топливом, в тепло. «Огромная наипаче» батарея Василия Петрова — превращение химической энергии в электрическую и электрической — в свет.

На гидро- или теплоэлектростанциях происходит превращение механической энергии падающей воды или пара в электрическую. Электроэнергия идет по ЛЭП к потребителю, и потребитель (мы с вами) использует ее по своему желанию: превращает в тепло, свет или с ее помощью приводит в действие необходимые ему машины и механизмы. Пожалуй, одним из первых таких примеров можно считать электродвигатель Бориса Семеновича Якоби — типичный электропривод.

Электропривод — чрезвычайно распространенное устройство для преобразования электроэнергии. Но прежде чем перейти к его описанию, вспомним, что такое привод вообще. Начнем с определения. Привод — это устройство для приведения в действие машин или механизмов. Состоит оно из источника энергии, устройства для ее передачи и из управления. Производителем энергии в приводе может служить человек или лошадь (слон, буйвол, любой источник мускульной силы), гидравлический, тепловой или электрический двигатели, а также накопители механической энергии: пружины, гири, маховики и т. д.

Привод может быть групповым, индивидуальным и многодвигательным. В первом движение от одного двигателя через трансмиссии передается группе рабочих машин. Индивидуальным привод становится тогда, когда каждая рабочая машина снабжена собственным двигателем с передачей движения. В многодвигательном приводе уже не вся рабочая машина, а ее отдельные механизмы приводятся в движение отдельными же двигателями через свои системы передачи.



Электродвигатель группового привода в заводском цеху XIX века

Примером самого раннего механического привода являлось, наверное, водяное колесо. Наиболее же распространенным видом привода на любом производстве до изобретения электродвигателя была паровая машина. Она крутила вал со шкивами, от которых шли ременные передачи на станки. Сегодня даже трудно себе представить такой цех с бесконечными ременными передачами.

С появлением электродвигателей наметились два пути развития. Первый — замена единого большого и мощного двигателя (паровой машины), работавшего на трансмиссию. И второй путь — строительство и применение индивидуальных двигателей, малых и больших, в зависимости от обслуживаемых механизмов.

Промышленники во всем мире сразу поняли преимущества электрической энергии по сравнению с паросиловыми установками. А понимаем ли мы ее сегодня так же наглядно?

Только представьте: для обеспечения средней мощности в 200 000 кВт, каковую сегодня легко дает энергетический блок, состоящий из одного котла, одной турбины и одного электрогенератора, нам пришлось бы установить в котельной станции 300 средних паровых котлов конца XIX века и 10 громаднейших, лязгающих поршнями паровых машин.

Первые блок-станции предназначались исключительно для питания осветительных приборов. Однако устройство центральных электростанций с последующим распределением энергии уже дало основание для создания промышленного электропривода.

Уже первые опыты применения электродвигателей в системе групповых приводов существенно изменили ситуацию на производстве. Не нужны стали собственные гидро- и тепловые станции с водяными колесами и паровыми котлами. Дорогостоящие и ненадежные ременные передачи заменились электрическими проводами, хотя при групповом электроприводе внешний вид цеха изменился мало.

В конце XIX века среди сторонников группового и индивидуального приводов было немало споров. Одни считали, что переход к малым индивидуальным двигателям усложнит производство и продукция станет соответственно дороже. Другие настаивали на уменьшении потерь при механических передачах, на независимости размещения оборудования от центрального распределения, на повышении безопасности и общей культуры производства, а следовательно, и на повышении производительности труда. Почти четверть века шли эти препирательства, пока индивидуальный привод не победил полностью.

В 50—60-е годы XX столетия в системах управления приводом стали применяться полупроводниковые приборы. Новая силовая электроника существенно повлияла на многие области техники, в том числе и на схемы питания и управления электропривода. Особенно большую роль сыграли мощные тиристоры. Они позволили отказаться от громоздких и ненадежных ртутных выпрямителей и тиранонов.

Тиратронами (от греческого «дверь или «вход» — *thyra* и (элек)трон) назывались ионные приборы тлеющего разряда (с холодным катодом) или несамостоятельного дугового разряда (с подогревным катодом) и управляющими сетками. Тиратроны тлеющего разряда применялись в качестве реле, а тиратроны дугового разряда — в качестве управляемых вентилей.

В конце XX столетия тиратроны были вытеснены полупроводниковыми тиристорами, выполняющими те же функции.

Одна из важнейших задач в проектировании и создании электропривода — его силовое управление. В 90-х годах XX века ряд фирм выпустили силовые транзисторы на немыслимые, казалось бы, токи силой до 600 А при напряжениях до 1200 В. Эти приборы позволили создать новые управляющие схемы и устройства для регулируемого привода.

Современный регулируемый электропривод — сложная комплексная система, которая является основным поставщиком механиче-

ской энергии для большинства агрегатов, связанных с движением. Единый силовой канал, состоящий из разного рода преобразователей энергии, тесно сплетен с информационным каналом, в который входят всевозможные измерительные и управляющие устройства. Диапазон применений современного электропривода неоглядно широк: от аппарата для искусственного дыхания и до гигантского рольганга или шагающего экскаватора.

По прогнозам специалистов, в будущем подавляющее большинство регулируемых электроприводов будет работать на переменном токе. Лишь примерно 15% останется на долю постоянного тока и около 10% займут гидроприводы. Ну и 7% устройств останется за механическими приводами.

Заключение

Конечно, по чести говоря, следовало бы продолжить описание, добавив в него рассказы об изобретении телеграфа, телефона и радио, без которых не мыслится современная жизнь. Но тогда потребовали бы рассказов телевидение и лазерная техника, полупроводниковые приборы, интегральные схемы и компьютеры, промышленная электроника, современная светотехника, электроизмерительные приборы и электротехнические материалы... Список можно было бы, наверное, еще и продолжить. Но вспомним незабвенного Козьму Пруtkова: «Нельзя объять необъятное». Так и в данном случае. Электричество прочно вошло в нашу жизнь, создало новую цивилизацию. И трудно, даже невозможно себе представить, что еще полтора века назад все было совсем иначе. Ведь начало электротехнической промышленности, примерно в 40-х годах XIX века, было весьма скромным. Пожалуй, с развитием телеграфии намечился некоторый спрос на электроприборы. Затем мощный толчок новой отрасли дало электрическое освещение. Из механической промышленности постепенно стала выделяться отрасль, которая занималась изготовлением в основном электроприборов и электромашин. В конце XIX столетия возникла электрохимия, первые успехи ощутили создатели электропривода. Была решена проблема передачи электрической энергии на большие расстояния, введен в обиход переменный ток... Электротехника шагнула от вольтова столба до центральных электростанций и от первых магнитоэлектрических машин к серьезным генераторам и турбогенераторам переменного трехфазного тока.

Что ждет нас дальше? Пытаться предсказать путь развития науки и техники — занятие неблагодарное. Действительность, как правило, опережает фантазию. Научно-технический прогресс продолжает набирать скорость. Но сколь долго это продлится и к чему приведет хотя бы за время жизни одного поколения, сказать трудно. Слишком много неизвестных в системе уравнений, описывающих жизнь общества.

Правда, есть и одно незыблемое правило, древнее, как сам человек, и справедливое на все время нашего существования: жить и творить надо так, чтобы результат был во благо, а не во вред другим людям. Только тогда имена таких творцов, как Гильберт, Ломоносов, и многих других, о ком вы прочитали в этой книге, останутся жить в памяти потомков.

Оглавление

Предисловие	3
-------------------	---

Время мифов

Глава 1. От чуда к явлению

Когда родилась наука?	6
В Древнем Милете	7
Аристотель	10
Лукреций Кар и его поэма «О природе вещей»	12

Глава 2. Явления природные и... рукотворные

Тайна путеводной звезды и врачебного магнита	18
Долгий вечер в Виндзоре	23
Почему Земля — магнит?	33
Бургомистр Магдебурга	38
Как возникла Солнечная система?	46

Глава 3. От явления к эксперименту

Фрэнсис Гауксби, «F. R. S.», демонстрирует «эффлувиум» ..	48
Хорошие и плохие проводники сэра Стефана Грея	52
О «стеклянном» и «смоляном» электричестве	55
Тайна электризации	62

Глава 4. Опасное родство

Двойное рождение	64
Скажите, вы боитесь грозы?	69
Великий гражданин Америки	72
Господа профессора Императорской Санкт-Петербургской академии наук	80
«Белые пятна» на карте науки	90

Время законов

Глава 5. Предположения и доказательства

В поисках природы новой силы	98
Первый закон о взаимодействии	103
Гений-мизантроп	105

Приглашение в Болонью	108
Вольта против Гальвани	115

Глава 6. Химическое электричество

Великое изобретение Алессандро Вольты	118
«Огромная наипаче» батарея Василия Петрова	126
«Электрические» работы в России	132
Рождение электротехники	134
Электрические «консервы» и проблема энергоёмкости	139
На пути к супераккумулятору	143

Глава 7. Три кита электротехники

«Электрический конфликт» Ханса Эрстеда	147
Опыт Араго	151
Теория Ампера	154
«Наш великий Ампер...»	158
«Термомагнетизм» Зеебека	161
Уильям Стёрджен и «магнитные Биллы»	163
От фантастики к реальности	168
Георг Ом — просьба не путать со знаменитым братом	169
Два закона студента Кирхгофа	172

Глава 8. Эпоха Фарадея — Максвелла

Лаборант по имени Майкл Фарадей	173
Загадка как основа открытия	178
Тайна «Р. М.»	184
Майкл Фарадей. Закат жизни	188
Он «изменил весь аксиоматический базис науки»	190

Глава 9. Единство теории и практики

На службе второму отечеству	197
От магнитоэлектрической машины к динамо	207

Время применения

Глава 10. Да будет свет!

Остановиться, оглянуться	216
Электротехнический взрыв	218
Рукотворное освещение	219
«Русский свет» в Париже	225
«Господин Лодыгин, это изумительно!»	228
В тисках научно-технических противоречий	233

Глава 11. Электричество отправляется в путь

Главный барьер	238
Линия Дебре Мисбах—Мюнхен	241
Повысить КПД!	245
Время «трансформаторных битв»	246
Die Neckarwasser murmeln in Frankfurt-am-Main (Воды Некара журчат во Франкфурте-на-Майне)	250

Глава 12. Укромщение

Превращения	257
«Mobilis in mobile» — «подвижный в подвижном»	262
Электростанции на колесах	266
Электроэнергетические системы морских просторов	274
Электричество в полете	277
Электротехнология	282
ЛЭП	288
Электропривод	296

Закключение	300
-------------------	-----

А. Н. Томилин

МИР ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Уважаемые читатели!

Это новое издание не станет для вас скучным
сборником формул.

Книга «Мир электричества» позволит:

- ✓ совершить увлекательное путешествие
в историю науки;
- ✓ познакомиться с именами великих ученых —
первооткрывателей законов;
- ✓ понять логику научной и инженерной мысли
через судьбы и личности творцов.

Книга «Мир электричества» поможет:

- ✓ школьникам написать интересные рефераты;
- ✓ учителям отказаться от сухих и монотонных уроков;
- ✓ родителям узнать много нового
и научить своих детей.

ISBN 5-7107-6820-0



9 785710 768204

интернет-магазин

OZON.RU



37875284