



ЛЕНИНСКАЯ НАУЧНО-НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

— 53 —

ФИЛОСОФИЯ НАУКИ

Зах

ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ МАТЕРИАЛИЗМА

ЧАСТЬ I — ФИЗИКА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

ПРОФ. А. К. ТИМИРЯЗЕВА

ВЫПУСК I

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1923 ПЕТРОГРАД

DX
5445
N 1/1

12716

43 $\frac{11}{9.4}$

ГПНТБ СО РАН
Гос. Публ. Науч.-тех.
Библиотека

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА.

Всякий вдумчивый преподаватель, читающий лекции в высшей школе по естественным наукам и внимательно прислушивающийся к тем вопросам, которые возникают в его аудитории у его слушателей, без сомнения, вспомнит, как часто к нему обращались с устными вопросами и записками с просьбой указать руководство или книгу для чтения, где бы основные положения преподаваемой им науки были изложены с философской точки зрения. Это стремление у начинающих как можно скорее ухватиться за „философию науки“, за ее основы, наблюдавшееся и ранее, приняло теперь стихийный характер, особенно в современной пролетарской аудитории. А что может сказать добросовестный лектор в ответ на этот стихийный порыв своих слушателей? Что можно посоветовать прочесть, если не желаешь ввести в обман?

Почти вся имеющаяся—далеко не малочисленная—литература по так называемой „научной философии“ в роде: „Лекций по натурфилософии“ В. Оствальда, „Познание и заблуждение“, „Механика“ и „Теория тепла“ Э. Маха, „Грамматика науки“ К. Пирсона, разные сборники „Новых идей в философии“ („Теория познания в естественных науках“, „Борьба за физическое мировоззрение“) и т. д. представляют собой тенденциозные искажения фактического содержания науки и ее теоретических построений, подогнанные к тем или другим искусственным философским системам ¹⁾. Все эти философские системы лежат неизмеримо далеко от производства самой науки, от того, чем руководится исследователь, открывающий новые факты, прокладывающий новые пути, по которым движется научная мысль.

Таким образом создается удивительно нелепое положение: содержание науки—это, оказывается, одно дело, или, вернее, дело рук одной категории людей—исследователей, непосредственных создателей науки; говорить же о науке, излагать вытекающие из

¹⁾ Авторы этих многочисленных произведений причисляют себя к сторонникам различных философских школ и течений; с точки же зрения специалиста-ученого, несмотря на все, быть может, крупные отличия, сразу заметные философу, эти разнообразные течения имеют то общее, что они одинаково далеки от фактического хода развития научной мысли.

нее обобщения, истолковывать их—берутся обыкновенно те, кто не работает над специальными задачами науки или кто от них оторвался и, как правило, потерял из виду текущий ход развития научной мысли. Казалось бы, можно считать за аксиому, что больше всего о любом деле может сказать именно тот, кто его делает, и тем не менее в вопросах философии науки с этой аксиомой совсем не считаются ¹⁾).

По счастью, однако, творцы современной науки в своих трудах давали и дают крайне ценные методологические указания, а в своих публичных лекциях и речах, произнесенных по разным поводам, в предисловиях к своим выдающимся специальным трудам или собраниям своих сочинений они дают нам ряд удивительно увлекательных общих картин современного состояния науки и возможных путей, по которым пойдет, по их мнению, научная мысль в будущем.. Многие из этих предсказаний великих людей науки уже сбылись, другие сбываются на наших глазах. И несмотря на это все эти блестящие мысли, рассеянные в классических работах, ²⁾ хорошо знакомых специалистам, не только не пользуются широкой известностью, но едва ли даже знакомы специалистам по т. н. „Научной философии“. Любая книжка, посвященная философскому анализу современной науки, составленная каким-нибудь компилятором, часто мало компетентным в науке, о которой идет речь (если только этот компилятор обладает достаточной эрудицией в области философии), бывает гораздо популярнее, ее чаще цитируют, с ней больше считаются, чем с мнением самих создателей науки.

Настоящий сборник статей по физике, за которым последуют аналогичные сборники по другим областям естествознания, представляет попытку заполнить этот пробел,—собрать те рассеянные блестящие мысли о науке, которые были высказаны самими людьми науки. Правда, отдельные, приведенные в этом сборнике, статьи,

¹⁾ Если ценные общие соображения в каждой науке, как правило, высказывает лишь тот, кто активно сам работает по своей специальности, то, конечно, никоим образом нельзя выводить обратного заключения, что всякий, кто сделал какую-нибудь мелкую специальную работу, может уже давать ценные обобщения и может рассуждать об общих законах развития научной мысли.

²⁾ Часто, правда, специальный характер заглавия многих отпугивает. Так, например, кто, кроме специалиста, заинтересуется заглянуть в предисловие к книге Бьеркнеса, носящей заглавие „О силах гидродинамического происхождения, действующих на расстоянии“, приведенное в настоящем сборнике и заключающее в себе анализ того, как создаются физические теории? Кто также догадается, что в лекции Л. Больцманна „О статистической механике“ есть ряд блестящих мыслей, выясняющих с точки зрения теории Дарвина происхождение законов мышления? (Эта статья входит в настоящий выпуск.) Наконец, связь непрерывных изменений с внезапными переходами от одного установившегося, устойчивого типа движения к другому—вопрос, живо интересующий всякого марксиста,—скрывается за узким техническим заглавием: „О происхождении двойных звезд“ Дж. Дарвина (см. также настоящий выпуск).

написанные в разное время—чуть-что не на протяжении столетия,—могут показаться мало между собой связанными, или, точнее, те поводы, по которым они были написаны и которые наложили на них свой отпечаток, носят случайный, временный характер; однако общие соображения о развитии науки, те руководящие мысли, которыми проникнуты эти статьи, сливаются в одно стройное целое,—в истинную философию науки, являющуюся для исследователя-естественника таким же орудием труда, как и все материальные пособия: приборы, инструменты и машины, без которых немыслима работа ученого.

Читатель, ознакомившийся по оглавлению с содержанием сборника и разочаровавшийся тем, что мысли великих людей науки приводятся в отрывочных статьях не-систематично, в конце концов получит все-таки неизмеримо больше, чем от чтения какой-либо систематически написанной книги, подгоняющей все содержание естественных наук к каким-нибудь по существу чуждым науке системам ¹⁾. Во-первых, он познакомится с теми руководящими мыслями, которыми пользовались ученые в процессе их творчества, и во-вторых,—и это представляется пишущему настоящим строки особенно привлекательным,—он узнает эти мысли из первых рук, т.-е. так, как они были высказаны теми, кто ими пользовался в своей работе.

Но если, как только что было указано, в этих разбросанных мыслях, несмотря на все различия индивидуальностей их авторов, несмотря на разницу эпох и событий, подавших повод их высказать, так много общего, то чем же это можно себе объяснить?

Ответ на поставленный вопрос крайне несложен. В своей работе ученый естествоиспытатель,—поскольку он хорошо делает свое дело, —стоит, сам того часто не подозревая, на точке зрения самого последовательного материалиста, что нисколько не мешает ему приходить в ярость при одном упоминании слова материализм, с жаром доказывать, что материализм давно опровергнут и всеми оставлен и что он-то во всяком случае никакого к нему отношения не имеет ²⁾. Для ученого исследуемый им мир, т.-е. то, что он видит вокруг себя, есть самая настоящая реальность, существующая независимо от его сознания и его ощущений. Во всяком

¹⁾ Не следует смущаться тем, что некоторые из авторов философских систем (как напр. Э. Мах и его последователи) отрицают, что у них существует какая-либо особая философская система: у них, несмотря на их опровержения, всегда можно найти стремление навязать свою схему науке, и, когда это не удастся, что случается далеко не редко, они теряют всякое самообладание. См., напр., полемику Маха и Планка по поводу речи Планка „Единство физической картины мира“, которая будет приведена во втором выпуске настоящего сборника.

²⁾ Происходит это главным образом по неведению. Так как философия марксизма по вполне понятным причинам не пользовалась расположением в буржуазном мире, то не знать ее считается даже признаком особенно хорошего тона. Поэтому большинство ученых не знают, что такое современный материализм.

случае в процессе работы всякий ученый стоит на той же точке зрения осмеяемого философами „наивного реализма“, на которой стоит всякий здравомыслящий человек в своей житейской практике и которую полагают в основу своей философии материалисты. Вот что по этому поводу пишет В. И. Ленин: „Ссылка на наивный реализм“, якобы защищаемый подобной философией, есть *софизм* самого дешевого свойства. „Наивный реализм“ всякого здорового человека, не побывавшего в сумасшедшем доме или в науке у философов идеалистов, состоит в том, что вещи, среда, мир существуют *независимо* от нашего ощущения, от нашего сознания, от нашего Я и от человека вообще. Тот самый *опыт* (не в махистском, а в человеческом смысле слова), который создал в нас непреклонное убеждение, что существуют *независимо* от нас другие люди, а не просто комплексы моих ощущений высокого, низкого, желтого, твердого и т. д., — этот самый *опыт* создает наше убеждение в том, что вещи, мир, среда существуют независимо от нас. Наши ощущения, наше сознание есть лишь *образ* внешнего мира, и понятно само собою, что отображение не может существовать без отображаемого, но отображаемое существует независимо от отображающего. „Наивное“ убеждение человечества *сознательно* кладется материализмом в основу его теории познания“ ¹⁾.

В самом деле, что было бы за безрассудство со стороны Вильсона потратить несколько лет жизни на выработку приема фотографировать облака водяного пара, выделяющегося по следам пролетевших заряженных электричеством атомов гелия (α -частиц, выстреливаемых радиоактивными веществами), и зарисовывать таким образом движения отдельных атомов со всеми их столкновениями, если бы он хоть минуту мог колебаться в том, „что атомы не более и не менее реальны, чем небесные тела и окружающие нас земные объекты“ ²⁾. И неужели успех работы Вильсона не является убедительным доказательством правильности того пути, которым идет современный исследователь?

Но еще задолго до того, как целым рядом опытов, выполненных уже в XX столетии, наряду с опытами Вильсона было фактически доказано атомное строение материи, значительная часть физиков на основании косвенных доказательств упорно считали атомы реальностью и таким образом в своем „наивном реализме“ они шли гораздо дальше, чем простые здравомыслящие обыватели.

Гораздо чаще ученые отступают, — правда, больше на словах чем на деле, — от второго из приведенных нами положений философии материализма, именно того, что наше сознание, наши

¹⁾ И. Ленин (В. И. Ульянов), „Материализм и эмпириокритицизм“. Госиздат., 1920, стр. 62.

²⁾ М. Planck. „Die Einheit der Physikalischen Weltbildes“, Leipzig. 1909, S. 33. Перевод будет напечатан во втором выпуске настоящего сборника.

ощущения представляют собой образы или картины внешнего мира. Так, например, такой исключительный ум, как Гельмгольц, говоря об отношении нашего сознания, наших ощущений к вызывающему их внешнему миру, постоянно напоминает, что не может быть и речи об изображениях, так как мы не имеем возможности говорить о каком бы то ни было сходстве между изображением и изображаемым, и поэтому правильнее считать наши ощущения за символы внешних объектов, при чем неизвестно, есть ли хоть что-нибудь общее между самой вещью и ее символом, важно только то, что одни и те же вещи и явления вызывают в нас появление одних и тех же символов. Однако под впечатлением своих собственных работ он забывал эту уступку философии Канта и сбивался на самый настоящий материализм, как лучше всего показывает следующая выдержка из приводимой в этом сборнике его знаменитой речи на съезде в Инсбруке. „Кто не удивлялся верности и точности тех сведений об окружающем нас мире, какие дают нам наши органы чувств и прежде всего наш глаз, проникающий в даль? Эти сведения являются предпосылками для принимаемых нами решений, для предпринимаемых нами действий, и только в том случае, когда наши органы чувств дали нам верные восприятия, мы можем ожидать, что действия будут правильны постольку, поскольку результат соответствует ожиданию. Результат и служит доказательством верности известий, которые дают нам наши чувства; миллионы раз повторенный опыт учит нас, что эта достоверность очень велика, почти что исключительная“.

Вслед за этим идут широко известные рассуждения, основанные на теории Дарвина и на, ставших теперь классическими, работах самого Гельмгольца по физиологии органов чувств, о том, что совершенство наших органов чувств не абсолютное и что глаз наш в известных отношениях хуже искусственных оптических приборов. Что это все вместе, как не материализм с его критерием практики?

Однако после этого Гельмгольц как будто спохватывается и начинает говорить о символах и о том, что вещи, быть может, не имеют ничего общего с теми символами, какие дают нам наши органы чувств! Происхождение этой уступки Канту можно легко проследить в биографии Гельмгольца, написанной Кенигсбергером. В молодые годы Гельмгольцу нелегко давалась его материалистическая точка зрения в науке. Его отец слышать не хотел о применении физики и химии к изучению живого организма, и в конце концов между отцом и сыном был заключен договор, по которому отец обязался ничего не говорить о научных работах сына. В одном из писем этого времени Гельмгольц пишет, каких трудов стоило ему написать в окончательном виде знаменитую брошюру „О сохранении силы“. „Я много раз ее переделывал“, пишет он, пока наконец „не выбросил за борт все, что хоть немного пахло философией“. И зато какой свежестью веет от этих страниц, написанных семьдесят пять лет тому назад! Переехав в

Кёнигсберг и расставшись с отцом, Гельмгольтц столкнулся со старыми профессорами, которые делали ему внушения не увлекаться „низшей“ опытной физиологией, а более обращать внимания на высшую философскую ее сторону. Все это подхлестывало материалистический дух молодого ученого. Но вот Гельмгольтц изобретает глазное зеркало, сразу привлечшее к нему внимание ученого мира. Отец в трогательном письме просит забыть прежние распри и сообщать ему обо всех новых научных работах, а кёнигсбергская профессура сразу меняет свое отношение к нему, упрасивает его принять участие в чествовании памяти Канта и показать, что современное естествознание, доказавшее свою силу, не так уж противоречит философии Канта. Это признание противниками для человека, годами боровшегося в полном одиночестве, естественно создавало почву для некоторых уступок... и в результате—теория символов и метафизические рассуждения о законе причинности, которые читатель найдет в печатаемых в настоящем сборнике двух в общем прекрасных статей Гельмгольца. Это те ложки дегтя, которые современными философами считаются за бочки меда в творениях великого мыслителя, и лучшим опровержением которых может служить статья Л. Больцмана „О статистической механике“ (также напечатанная в настоящем выпуске), где удивительно последовательно проводится до конца точка зрения материалиста на происхождение законов мышления и на их только кажущийся априорный и непогрешимый характер.

Но если наше сознание, наши ощущения представляют собой картины или изображения окружающего нас мира, то дают ли они нам полную картину мира, не остается ли чего-нибудь недоступного и не скрывается ли за всеми этими картинами *непостижимая* „вещь в себе“? Несомненно, что попытка Гельмгольца и отчасти Гертца доказывать, что нам доступны не образы и картины мира, а только символы их, есть уступка ученых философии Канта. Никто не станет отрицать, что мы многого не знаем и что в будущем не будет такого момента, когда мы будем в состоянии сказать: мы знаем *все*, мы изучили *все*, что есть в мире. Но с другой стороны успехи науки, изобретение новых инструментов, расширяющих пределы доступного человеку (см. статья О. Винера „О расширении области наших чувственных восприятий“ в настоящем выпуске),—не доказывают ли они с очевидностью, что то, что вчера было непознаваемым, сегодня познано; и не правильное ли было бы заменить слово „непознаваемый“ словом „непознанный“?

Разве вещества, из которых построено солнце и звезды, движения спектроскопических двойных звезд не были до открытия спектрального анализа „непознаваемыми“ вещами в себе, недоступными нашим органам чувств? А электроны и положительно заряженные частицы, составляющие атомы, или невидимые лучи Рентгена, ультрафиолетовые и инфракрасные, для восприятия которых у человека нет соответствующих органов? И мы не только узнали все это „непостижимое“, но и с успехом применяем для

своих практических целей! Разве это не подтверждение вывода о диалектическом превращении „вещей в себе“ в „вещи для нас“?

Далее, внимательно разбирая творения великих людей науки, мы сейчас же заметим, что материализм исследователя, и по большей части бессознательно, бывает по существу диалектическим, а не метафизическим в смысле Энгельса.

Ни один вдумчивый исследователь не придает своим теоретическим построениям жестких форм каких-то абсолютных догматов. Так, например, великие химики и физики начала XIX столетия, введившие в современную им химию научный атомизм, основанный на мере и числе, никогда и не предполагали атомы абсолютно неделимыми. Наоборот, установив, что атомы обычными приемами неразложимы, они высказали предположение, что эти неразложимые атомы, быть может, состоят из атомов водорода, и эта смелая мысль теперь на наших глазах в опытах Рутерфорда, выделившего водород из атомов азота, алюминия и ряда других тел, блестящим образом оправдывается. Таким образом, доказав неделимость атома в известном смысле и при помощи тогда известных средств, они сейчас же выдвинули вопрос о строении этих неделимых и о возможном их делении при каких-то им точно неизвестных тогда условиях, которые теперь через сто лет найдены! Точно также и в современной кинетической теории никто из разрабатывающих эту отрасль физики не думает, что молекулы газа представляют собой идеально упругие и гладкие полированные шарики, как это стараются изобразить философы во главе с Махом, хотя в целом ряде случаев, в целом ряде задач, когда нам не требуется знать строения атома, такое предположение делается и приводит к хорошим результатам, и это несмотря на то, что мы теперь знаем, как мало похож атом на упругий шарик. Мы знаем, что это нечто более сложное, это в малом масштабе солнечная система, и все-таки в целом ряде более простых задач мы и по сей день можем приравнивать атом упругому шарiku и получать результаты, согласные с действительностью. Не потому ли атомная теория так прочна, что в ней нет жестких догматических форм и благодаря этому она способна к неизмеримо-широкому развитию?

Далее в статьях Джорджа Дарвина (сына знаменитого биолога), посвященных эволюции небесных тел, мы встречаем ряд блестяще разработанных случаев, когда при непрерывном изменении скорости вращения туманной массы или планеты непрерывная эволюция ее формы в известных стадиях развития приводит к скачкам и внезапному изменению, к внезапной смене одной формы равновесия другой. Крайне интересна аналогия, которую Дарвин проводит между этими „скачками“ в развитии небесных тел и революциями в общественной жизни ¹⁾. Разве это не иллюстрирует

¹⁾ За эту смелую мысль на Дж. Дарвина жестоко накинута „свободная“ печать „демократических“ стран; но это не смутило автора: по аналогичному же поводу через 4 года он повторил свои соображения в еще более категоричной форме. (Обе статьи напечатаны в настоящем выпуске).

положения: количество переходит в качество, „непрерывное развитие приводит к скачкам“ и „скачек предполагает предшествующее непрерывное развитие“. Наконец Больцман в своем статистическом толковании закона рассеяния энергии пришел к мысли, что те же самые процессы, которые ведут к гибели и к разрушению каждого „индивидуального мира“, например, нашей солнечной системы, ведут к условиям, при которых могут возникнуть новые миры.

Итак, можно легко показать, что ученый-естественник в своей творческой работе или в своей критике часто бессознательно пользуется как орудием тем, что легло в основу материалистической философии марксиста. Надо, впрочем, оговориться: в приводимых статьях встречаются и промахи, и даже весьма существенные с точки зрения последовательного материалиста, но внимательный читатель сейчас же увидит, что эти промахи навеяны чем-то чуждым, а не самой исследовательской работой. Выяснить себе это будет очень хорошим упражнением для читателя, это даст ему возможность глубже проникнуть в самый характер научной работы и отделить ее от ее толкований, часто мало с ней связанных и в значительной степени произвольных.

Мы до сих пор приводили доказательства, так сказать, положительного характера, т.-е. показывали, как во всех мелочах точка зрения материалиста сливается с точкой зрения рядового исследователя. Но можно привести доказательства и обратного характера. Когда ученый отрывается от своей естественной почвы—от специальной научной работы, он перестает быть материалистом, так как у него больше нет к тому стимулов, и какой получается ужас: человек перестает понимать ту науку, которой он занимался! В. Оствальд в своих лекциях по натурфилософии, вышедших в 1903 году, утверждает, что „атомы должны скрыться в пыли библиотек“ и что все теории, в которых речь идет об атомах, ненаучны; Мах в своем сочинении „Познание и заблуждение“ говорит, что не только атомы Демокрита и Дальтона, но и современные ионы и электроны представляют собой „почтенный шабаш ведьм“ (?!), а физики точно на смех, начиная с того же 1903 года (изобретение спинтарископа Крукса, 1903), показывают действие каждого отдельного атома, фотографируют полеты атомов, причем на фотографиях ясно видны резкие изгибы, вызванные столкновениями атомов, находят новые удивительные приемы для подсчета числа и размеров атомов,—словом, переводят „непостижимую вещь в себе“ в область легко изучаемых и хорошо доступных объектов. Таким образом люди, которые хотели предписывать науке пути, какими она должна идти годами, если не столетиями, не поняли того, что делается сейчас рядом с ними. А вот другой пример: возьмите главу V из книги В. И. Ленина („Материализм и эмпирио-критицизм“) о „Новейшей революции в естествознании“. Эта глава написана не специалистом в естественных науках, а в ней нет ни единого промаха с точки зрения специалистов! Едва ли надо

пояснять, что это—результат строгого применения марксистского метода, выводящего всегда на верный путь.

Не доказывают ли приведенные примеры, что материалистическая философия есть единственная философия, согласная с наукой, и по той простой причине, что она выросла и развилась в самой же науке!

А. Тимирязев.

19/VII 22.

О. ВИНЕР.

Расширение области наших чувственных восприятий¹⁾).

(Перев. К. А. Тимирязева).

Не раз уже было указано на то, что каждое физическое наблюдение зависит от двух обстоятельств: от природы вне нас и от нашей собственной природы, главным образом от природы наших органов чувств. Субъективные контрасты цветов и сливающееся изображение движущегося тела служат наглядными тому примерами.

Но природа наших чувств оказывает и другое более глубокое влияние. Учение о звуке и свете, эти два обширные отдела физики, имеют прямое отношение к нашим двум органам чувств. И тем не менее трудно было бы предложить менее научный принцип деления предмета, чем тот, который встречается еще в физике, так как рядом со звуком и светом мирно укладывается магнетизм и электричество, развившиеся на почве наблюдений над притяжением и отталкиванием известных тел.

¹⁾ Вступительная лекция, читанная в Лейпцигском университете.— В этой лекции блестяще доказывается, как каждый новый физический инструмент даст нам возможность проникать в области, казавшиеся недоступными и непостижимыми. *Прим. ред.*

В печати лекция талантливого молодого физика появилась с приложением в виде литературных указаний и добавлений. Эти последние едва ли менее интересны, чем самый текст, так как затрагивают многие общие современные вопросы. Отрицаемое многими поглощение физики механикой, односторонность учения так называемых энергетиков, схоластические мудрствования по части теории познания, смута, внесенная в науку непониманием знаменитого кирхгофовского слова „описание“, пресловутые вечные мировые загадки Дюбуа-Реймона и т. д. вызывают меткие, остроумные комментарии автора. К сожалению, эти добавления нельзя было включить в речь, не нарушая ее стройного течения. Желая тем не менее сохранить их близкую связь с текстом, я привел их в виде подстрочных выносок и считаю полезным обратить на них внимание читателя. *Примеч. переводчика.*

И однако,—замечу мимоходом,—я нисколько не хочу этим сказать, что на этом основании следовало бы отказаться от подобного подразделения содержания физики.

Физика, в особенности экспериментальная, по существу—наука, опирающаяся на опыт. А на основании биогенетического закона каждое живое существо претерпевает в сокращенной форме развитие своей расы. Отсюда вполне естественно в преподавании основ экспериментальной физики излагать факты хотя и в сокращенной форме, но в той же последовательности, как их приобретала наука, хотя, конечно, нередко придется и отступать от строго исторического порядка.

Но, спрашивается, каким образом приобретали мы познание о существовании явлений или состояний, которые подобно магнетизму не оказывают никакого непосредственного действия на наши чувства. Ответ очень прост, но тем не менее полезно отдать себе полный отчет, в чем заключается здесь основной прием.

Намагниченное железо при известных условиях и при соседстве любого какого-нибудь второго куска железа обнаруживает иного рода движение, чем железо ненамагниченное. Эти движения узнаем мы или посредством осязания, или видим их глазом. Если бы в какой-нибудь части нашего тела сгоранилась клеточка, снабженная магнитным веществом и окруженная нервами, то мы могли бы во всяком месте, не прибегая к созвездиям, узнавать север и юг, так же, как узнаем теперь верх и низ. Буссоль, т.-е. вращающаяся в горизонтальной плоскости по деленному кругу магнитная игла, заменяет нам в известной степени это особенное магнитное чувство. Она осуществляет это при помощи движений, которые наблюдает наш глаз.

Таким образом любое явление природы, не влияющее непосредственно на наши органы чувств, может тем не менее действовать посредственно, если оно будет одновременно вызывать другие явления, в свою очередь воздействующие на наши чувства.

Буссоль мы называем искусственным пособием в сравнении с естественными пособиями, какими являются наши органы чувств.

Но и это различие само искусственно, т.-е. придумано человеком. На деле и сам человек помещается среди природы, и закономерный поток совершающихся вокруг него превращений проходит через него, как через всякую другую точку в природе. С точки зрения истории развития, поступки павиана, бросающего камнем в преследующих его, и солдата, отстреливающегося пулями, собаки, настораживающей уши, и человека, прикладывающего к ним руку или слуховую трубку,—в основе одни и те же явления; они отличаются только по степени, а не по существу.

Таким образом, каждый новый инструмент или сочетание уже известных, служащее для новых целей, с точки зрения истории развития представляет только естественное развитие или расширение наших органов чувств и должно быть.

рассматриваемо, как прогресс в процессе нашего приспособления к окружающему миру, как преимущество в борьбе за существование.

Когда при составлении плана сегодняшнего изложения, я остановился на этой руководящей мысли, я, конечно, не воображал, что она представляет что-либо новое. И действительно, вскоре в одной из прекрасных речей Тиндаля я нашел указание на Герберта Спенсера, развившего эту мысль сорок пять лет тому назад самым подробным и всесторонним образом в своих основах психологии. Я приведу вам одно особенно замечательное место из этого его труда.

„Каждый инструмент, служащий для наблюдений,—говорит он,—вес, мера, весы, микрометр, нониус, микроскоп, термометр и проч., представляет только искусственное расширение наших органов чувств, между тем как рычаг, винт, молоток, клин, зубчатка, токарный станок—только искусственные продолжения наших органов движения“.

Хотя эта мысль давно уже высказана с полной ясностью, хотя она сама по себе очевидна и с тех пор неоднократно и независимо приходила в голову и высказывалась, тем не менее я остался при намерении взять ее за исходный пункт своего изложения. Во-первых, понятно, что Спенсер не мог слишком вдаваться в физические подробности, а именно в этой области встречается множество поразительных фактов, мало известных в широких кругах и по большей части ставших известными именно в течение этих 45 лет. Сверх того, относясь к задаче с точки зрения истории развития, мы сообщаем ей особенно широкий охват и приобретаем превосходный общий взгляд на положение физики по отношению к науке и к жизни.

Отлагая этот общий обзор до конца, я останавлиюсь в начале на более подробном рассмотрении вопроса, в какой мере физика действительно расширяет наши чувства. При этом я должен оговориться, что время не позволяет мне стремиться к особой полноте и строгой последовательности изложения.

Начнем с простого механического ощущения. Мы обладаем естественной способностью в известной степени оценивать вес предмета, лежащего на руке или на какой-нибудь иной части тела. Мы можем судить об этой способности в трех различных направлениях. Во-первых, определяя наименьший вес, который еще вызывает в нас ощущение давления, мы называем его, вместе с Фехнером, *порогом раздражения по отношению к этому чувству давления*; далее, определяя наименьшее различие между двумя весами, которое мы можем уловить, эту величину мы обозначаем, также по Фехнеру, термином *порог сравнения по отношению к ощущению давления*; и, наконец, определяя тот наибольший вес, о котором мы вообще можем судить, т.-е. тот вес, который мы вообще можем поднять,—его мы обозначим вместе с Вундтом *высшим пределом раздражения*.

То, что относится к ощущениям давления, относится также и к другим чувствам и аппаратам. Мы можем всегда говорить о пороге раздражения, о пороге сравнения и высшем пределе раздражения.

Что касается до высшего предела раздражения, то я должен вкратце заметить, что если он существует для отдельных аппаратов, то того же нельзя сказать о целом их классе, еще менее—о различных классах аппаратов, служащих для той же цели; так, мы можем, хотя в некотором переносном смысле, взвесить весь земной шар.

Что касается до порога сравнительных ощущений, то уже Эрнест-Генрих Вебер показал, что по отношению к различным органам чувства он в известных пределах независим от величины раздражений. Если у нас на ладони лежит 100 граммов, то мы чувствуем облегчение груза при удалении 30 граммов; если же первоначально лежало 1,000 граммов, то нужно удалить 300 для того, чтобы ощутить изменение. Следовательно, каждый раз относительное облегчение остается одно и то же. Этот факт лежит в основе так называемого *основного психо-физического закона Вебера-Фехнера*.

То же самое оказывается применимым и к аппаратам, по крайней мере, если мы опять-таки сравниваем не отдельные аппараты, а целые их классы. Тогда мы убеждаемся, что, в известных пределах, и они осуществляют ту же относительную степень чувствительности.

Перейдем теперь к числовому сравнению чувствительности наших весовых ощущений и соответствующего им инструмента—весов.

Весовая оценка при помощи руки не идет далее 30⁰/₁₀₀. Правда, ее можно еще изощрить, если вместо того, чтобы ограничиваться одной оценкой ощущения давления, мы будем несколько раз подымать и опускать определяемый груз, т.-е. привлечем к этой оценке и мускульное чувство, ощущаемое при производстве этой работы. Погрешность падает тогда до 10⁰/₁₀₀. Порог сравнения будет тогда одна десятая.

Перейдем теперь к сравнению с нашими лучшими точными весами. Они могут при нагрузке в 1 килограмм на каждую чашку показывать одну двухсотую часть миллиграмма; их порог сравнения лежит следовательно при одной *двести миллионной*; они в двадцать миллионов раз чувствительнее к различиям в давлении, чем наше тело. Отсюда понятно значение этого точного инструмента, по отношению к своему порогу сравнения самого чувствительного. Его применение возвысило химию на уровень первостепенной науки, играющей выдающуюся роль не только в жизненной борьбе, но и в наслаждении жизнью.

Если бы мы были так же чувствительны к нагрузке, то ощущали бы различия в весе при одном подъеме руки на два сантиметра ¹⁾, точно так же, как эти весы, если б их чашки были под-

¹⁾ Вследствие изменения силы тяжести с высотой, обусловленного удалением от центра земли.

вешены на различных высотах, отличающихся всего на два сантиметра. Шар из золота с радиусом в 35 сантиметров, зарытый на 1 метр под поверхностью земли, вследствие притяжения его массы обнаружил бы свое присутствие кажущимся увеличением нашего веса, когда мы проходили бы над ним.

Порог раздражения для ощущений давления лежит для различных точек нашего тела между граммом и, примерно, миллиграммом, т.-е. давления ниже этого предела уже не ощущаются. С другой стороны, наши наиболее легко построенные и абсолютно наиболее чувствительные весы отзываются на одну *десятитысячную миллиграмма*: они, следовательно, в десять тысяч раз чувствительнее самой чувствительной части нашего тела¹⁾. Они откачиваются уже тогда, когда на одну из чашек упадет пылинка в $\frac{1}{16}$ миллиметра в диаметре. Их необходимо помещать под колодом воздушного насоса—даже и не в таких городах, как Лейпциг.

При помощи весов такой чувствительности *Варбург* и *Имори* удалось доказать присутствие водяной пленки на поверхности стекла даже в умеренно влажном воздухе. Эту водяную пленку можно было обнаружить, даже когда ее толщина не превышала пятой доли одной миллионной миллиметра.

Всестороннее *равномерное давление* мы не в состоянии ощущать. Всякому известно, какой громадный успех в наших знаниях относительно атмосферных явлений был отмечен открытием ртутного барометра, чем мы обязаны *Торичелли*. И однако этот инструмент еще крайне груб. *Фридрих Кольрауш* и *Август Теплер* придумали инструменты, непрерывно показывающие колебания в атмосферном давлении, которых ртутный барометр даже не ощущает. Прибор *Теплера*, в котором, как в чувствительном уровне, движется пузырек воздуха, наполнен не ртутью, а ксилолом, удельный вес которого в 16 раз легче, а трубка барометра не вертикальна, а наклонена под небольшим углом к горизонту²⁾. С этим прибором могут быть обнаружены различия давления в одну сотую долю одной миллионной атмосферы. Он обнаруживает в закрытой комнате колебания, когда на значительном расстоянии от него открывают дверь или когда кто-нибудь пройдет через открытую дверь. *Макс Теплер* показал, что этот инструмент показывает давление столба газа, весящего всего одну тысячную миллиграмма³⁾.

¹⁾ В настоящее время построены специальные весы для исследования радиоактивных тел; конструкция их принадлежит *Wythlay-Gray*. Эти весы показывают одну трехмиллионную долю миллиграмма, т.-е. еще в 300 раз чувствительнее.

Прим. ред.

²⁾ Еще ранее появления исследований этого ученого подобный барометр поразительной чувствительности я видел у английского физика *Гутри*.

Прим. переводчика.

³⁾ С помощью спинтарископа, позволяющего видеть вспышку на флуоресцирующем экране, производимую одним атомом гелия или водорода, обладающими огромными скоростями при процессах радиоактивного распада, или получаемыми искусственно при разложении атомов, возможно констатировать действие одного атома водорода, имеющего массу $1,662 \cdot 10^{-24}$ грамма!

Прим. ред.

Каких поразительных результатов могут достигать люди, органы чувств которых, вследствие ли природных задатков или упражнения, значительно превышают чувствительность среднего человека,—примером того могут служить опыты так называемых угадывателей мыслей. Читающий мысли ощущает малейшие колебания в давлении, малейшие произвольные и бессознательные мускульные сокращения руки у человека, мысли которого напряженно сосредоточены на каком-нибудь слове, предмете или поступке. Но эта чувствительность лучших угадывателей мысли превзойдена аппаратом, построенным психиатром *Робертом Золимером* в Геттингене и обнаруживающим произвольные движения ноги, руки, в особенности пальца. Эти движения при помощи системы рычагов еще разлагаются на три главных направления: спереди назад, справа налево, сверху вниз; каждое из этих составляющих движений записывается при помощи пера на вращающихся барабанах, так что сразу получаются три кривые. Эти кривые обнаруживают внезапные колебания, когда, например, в ряду слов произносят то, которое было задумано лицом, над которым производится опыт, разоблачая таким образом его мысли. Аппарат этот прежде всего служит для тонкого различения нервных болезней. Так, кривые у алкоголика не те, что у паралитика.

Так же, как мы обнаруживаем тончайшие сотрясения человеческого тела, мы можем при помощи соответственных инструментов обнаруживать и малейшие колебания поверхности земли. Для этого служит между прочим качающийся почти в горизонтальной плоскости маятник, так называемый горизонтальный маятник; он несет на своей оси зеркальце, которое отбрасывает изображение светящейся точки на свето-чувствительную бумагу, накрученную на вращающийся при помощи часового механизма барабан. Это самодействующее записывание изменений в положении световой стрелки может быть применено к самым разнообразным инструментам, когда измеряются незначительные изменения углов. Усовершенствованный *Роберт-Павлицем* горизонтальный маятник записывает на барабане кривые с отчасти совершенно неожиданными периодами, разъяснение которых обещает нам раскрытие соотношений глубочайшей важности. Прежде всего он записывает сотрясение отдаленнейших землетрясений. Так, например, даже землетрясения, случающиеся в Японии, отражаются на приборе, установленном в Страсбурге.

Другое, более сложное проявление нашего чувства осязания заключается в пространственном различении двух раздраженных точек нашей кожи. Их чувствительность измеряется расстоянием между двумя остриями нажимаемого циркуля, при котором ощущение еще чувствуется раздельно. По Веберу, наименьшее расстояние для наиболее чувствительной в этом отношении поверхности языка равняется приблизительно 1 миллиметру.

Гораздо далее идет способность к оценке расстояний другого органа чувства, оценка на глазомер. Глаз может различать при наиболее близком расстоянии в 10 сантиметров две черты, отстоящие одна от другой на $\frac{1}{4}$ миллиметра.

Именно в применении к глазу всего очевиднее выступает верность, положения, что наши инструменты—только естественные продолжения наших органов чувств. Чечевица —самая существенная часть глаза, дающая изображение; если по каким-нибудь причинам ее приходится удалить, ее можно заменить помещающимся перед глазом двояковыпуклым стеклом. По существу безразлично, если мы возьмем в придачу еще пару линз. Этим путем мы получим один из наших важнейших инструментов—микроскоп. Лучшие микроскопы могут нам показывать вполне отдельно две тонкие черты в одну седьмую часть одной тысячной доли миллиметра. Они, следовательно, в двести раз чувствительнее глаза.

Какое значение имеет это расширение нашего органа чувства в борьбе за существование и в приспособлении к нашей среде, ясно из того факта, что микроскоп—тот самый инструмент, которым мы боремся с нашими злейшими врагами: бактериями и микроскопическими грибами. Защита от самых разнообразных инфекционных болезней при помощи гигиенических мер, особенно благодаря улучшению гигиенических условий наших городов, обуславливает уменьшение смертности, а следовательно и размножение человеческого рода в таких размерах, какие прежде были совершенно неизвестны. И тем не менее эта борьба за существование самая невинная, какую себе можно представить. Я думаю, самые гуманнейшие люди, самые сердобольные члены обществ покровительства животных едва ли будут протестовать против замаривания голодом бактерий при помощи опрыскивания или даже против убивания их карболкой.

Несмотря на громадные успехи современного микроскопа, анатомия и биология мельчайших клеток и организмов наталкивается на затруднения, которые, вероятно, могли бы быть устранены, если бы можно было применить еще более значительные увеличения. Скажут, пожалуй: что же мешает нам применить более сильные линзы или большее их число? Аббе и Гельмгольц показали,—почему и когда подобные средства окажутся более неприменимыми. Если бы я желал разъяснить это положение подробнее, это завлекло бы меня слишком далеко. Могу только сказать, что причина лежит в самой природе света, этого, как мы знаем, тончайшего волнообразного движения. Длина волны, т.-е. расстояние между двумя ближайшими гребнями для предельных, еще удобно видимых фиолетовых лучей в круглых цифрах 400 миллионных миллиметра. Когда размеры исследуемых тел приближаются к этой величине, обнаружатся явления световой дисперсии и дифракции, так что при дальнейшем уменьшении величины тел не будет уже получаться изображение ¹⁾.

1) Изобретенный после издания настоящей статьи Винера метод ультрамикроскопа позволяет констатировать присутствие предметов, лежащих за указанными в тексте пределами, но у этих предметов нельзя уже различать их форму. В самое последнее время, в 1920 году, Майкельсону удалось с помощью комбинации сильнейших астрономических рефракторов и рефлекторов с интерферометром измерять угловые диаметры звезд и расстояния между двойными звездами с точностью до 0,0001 доли секунды дуги, т.-е. далеко за пределами разрешающей способности астрономической трубы. *Прим. ред.*

Чапский показал, что в настоящее время единственный исход для усовершенствования микроскопа заключался бы в применении более коротких волн ультрафиолетовой части спектра; правда, мы их не можем видеть, но они действуют на фотографическую пластинку, которая представляет существенное продолжение нашего органа зрения. *Шульману* в Лейпциге удалось доказать существование ультрафиолетовых лучей, длина которых не превышает 100 миллионных миллиметра. Теоретически этим дана возможность конструкции микроскопов, увеличение которых было бы в четыре раза более современных: практически на пути к осуществлению их встречается препятствие в сильном поглощении этих лучей даже самыми прозрачными средами: уже слой воздуха в несколько сантиметров толщиной вполне поглощает их.

Но мы можем измерять еще менее значительные расстояния, если дело касается определения толщины плоских тел. Здесь масштабом нам служит длина волны. Если мы положим две стеклянные пластинки одну на другую, и будем рассматривать заключенный между ними тончайший слой воздуха при одноцветном освещении, напр., при свете натриевого пламени, то заметим чередование светлых и желтых полос, так называемых полос интерференции. Они происходят от взаимного подкрепления или взаимного уничтожения двух волн, отраженных от обеих поверхностей воздушного слоя. Положение полос зависит от толщины слоя воздуха; если в стекле находится ничтожное углубление, то и в расстояниях между полосами наблюдается скачок. Величина этого изменения, выраженная в единицах расстояния двух смежных полос, дает меру для величины этого углубления, выраженную в единицах полуволны натриевого света, т.-е. в долях, круглым числом, трех десятитысячных миллиметра.

Этим путем можно было получить ответ на вопрос: как велика толщина осажденного на поверхность стекла слоя серебра, присутствие которого можно еще заметить благодаря его более значительной отражательной способности. Получился ответ: примерно седьмая часть одной миллионной миллиметра.

Но и это еще не предел доступных измерению различий в длине. Мы для того нуждаемся еще в новом дополнении нашего чувства зрения. Между тем, как мы в состоянии выделять из смеси звуков отдельные его составляющие звуки, мы не можем различать в смешанном цвете его составляющие элементарные цвета. Эту задачу успешно разрешает предложенный *Кирхгофом* и *Бунзенем* спектроскоп. В какой степени спектральный анализ расширил наш кругозор, достаточно хорошо известно, и я могу не слишком много об этом распространяться. Для обнаружения присутствия натрия при помощи окрашивания пламени достаточно миллионной доли миллиграмма. Этот способ, следовательно, во много раз превышает чувствительность обыкновенных химических приемов. И однако наше обоняние, одно из наших естественных химических чувств, порою, правда, нам изменяющее, в других случаях значительно

превосходит и эту чувствительность. На основании опытов *Эмilia Фишера* и *Пенцолва*, меркаптан может раздражить наши обонятельные нервы при количествах в 250 раз менее только что указанного количества натрия, т.-е. в количестве одной 460-й доли одной миллионной миллиграмма. Если мы распространим эту поразительную чувствительность на целый ряд различных веществ, то поймем, на что способно чутье собаки. Также общеизвестно, что язык знатока вина может пристыдить все тончайшие приемы химика. Вероятно, физической химии, уже и теперь богатой чувствительными методами исследования, суждено соперничать с самыми поразительными проявлениями наших химических чувств ¹⁾. 2

Вернемся снова к спектральному аппарату и его чувствительности. Он может разложить белый свет на цвета, соответствующие различным длинам его волн. Занимающая нас задача, заключающаяся в измерении наименьших различий в длине, сводится здесь на различение двух цветов, отличающихся наименьшею разностью в длине их волн. В этом отношении спектроскоп остается далеко позади другого инструмента, так называемой *диффракционной решетки*, применение которой основывается на том же принципе диффракции, который является таким препятствием при построении микроскопа. Роланду удалось при помощи автоматически действующей машины нарезать на зеркальной поверхности столько тончайших линий с равными между ними промежутками, что при помощи их можно получить спектры в 2 метра длины и поразительной резкости. Между тем как невооруженный человеческий глаз может различить всего каких-нибудь 500 различных цветов, измерения в одной видимой части позволяют различать от 20.000 до 40.000. Наименьшее различие в длине световой волны при этих наблюдениях достигает пятидесятой или сотой части одной миллионной миллиметра.

Еще далее идет рефрактометр Майкельсона, аппарат, который позволяет изучать интерференцию света при более значительной разности хода. Желтый натриевый свет, который при помощи лучших диффракционных решеток разлагается только на два цвета, при помощи этого аппарата разлагается на восемь различных цветов или спектральных линий. Наименьшее различие между длинами волн равняется *тысячной доле одной миллионной миллиметра*. В действительности каждая из этих линий состоит из смеси цветов, непрерывной и колеблющейся в узких пределах; обстоятельство это определяется громадной и различной скоростью светящихся газовых частиц, которые, двигаясь навстречу наблюдателя, будут посылать ему подобно звездам, на основании принципа Доплера, волны различной длины. Но измерение и этих малых величин не имело бы

¹⁾ Так как в помощь обонянию и вкусу не придумано инструментов, дающих объективные показания, то в области вкуса и запаха мы не имеем никаких намеков на зачатки науки: нет даже классификации запахов и вкусов.

особого значения, так как и их в свою очередь мы могли бы представить себе еще далее подразделенными, — если бы мы уже не переступили таким образом за пределы, которые физик на основании многочисленных соображений приблизительно принимает за размеры молекул, а именно около десятимиллионной доли миллиметра ¹⁾.

Другое чувство, также опирающееся на измерение протяжения, это — чувство времени. Укажу только вкратце, что по Эксперу, в самом благоприятном случае мы можем оценивать различие во времени в $\frac{1}{1000}$ секунды, пользуясь для этого двумя последующими ударами электрических искр. А рядом с этим аппарат Федерзена в Лейпциге, снабженный вращающимся зеркалом, доведен до такой чувствительности, что он может еще измерять сотую долю миллионной части секунды.

До сих пор, за исключением раздражительности по отношению к давлению, мы не рассмотрели ни одного чувства, отвечающего на различия в силе раздражения. Если мы теперь обратим внимание на чувствительность уха и глаза в силе звука и света, то прежде всего рождается вопрос, как будем мы ее измерять. Конечно, при измерении звука или света в отдельности мы могли бы отправляться от каких угодно единиц, но тогда пришлось бы отказаться от сравнения между собою степени чувствительности различных чувств. Единственная величина, которая может служить общей мерой для каких бы то ни было физических явлений или состояний, это — энергия, или работоспособность, или эта же работоспособность, отнесенная к единице времени. Оствальд в последнее время особенно настаивал на том, что наши чувства отвечают на различия энергии в них и в окружающей среде. Хотя обратное и неверно, так, напр., находящаяся в покое нагруженная рука отвечает на давление, как нагруженные пружинные весы, тем не менее переход из ненагруженного состояния в нагруженное связан с производством работы, так что и здесь мы можем измерять чувствительность или порог раздражения в единицах работы.

Для этого мы нуждаемся в очень маленькой единице работы, и для этого пригоден употребительный в физике эрг, т.-е. приблизительно работа, которую нужно произвести, чтобы поднять один миллиграмм на высоту одного сантиметра. При каждом мигании мы производим работу, приблизительно во сто раз превосходящую эту жаленькую единицу.

Теперь мы можем оценивать одинаковым образом чувствительность наших органов чувств и наших инструментов, определяя порог энергии, т.-е. определяя наименьшую затрату энергии, необходимую для перевода их из нераздраженного состояния в состояние наименьшего замечаемого раздражения. Порог энергии для

¹⁾ В последнее время в интерференционных спектрографах сделаны еще более значительные усовершенствования.

наших ощущений давления, напр., поверхности лица, где она всего чувствительнее, может быть примерно оценен в одну десятичную эрга, порог энергии для наших самых чувствительных весов равняется только одной стомиллионной эрга. Ухо, по *Ману Вину*, почти так же чувствительно; для звука не существует соответственного физического прибора большей чувствительности ¹⁾. Порог энергии для глаза почти так же велик, т. е. около одной стомиллионной эрга. Он несомненно раз во сто чувствительнее самой чувствительной фотографической пластинки.

И тем не менее наши инструменты, воспринимающие звук и свет, могут во многих отношениях превосходить чувствительность неворуженного уха или глаза. Тайна действия обыкновенного телефона заключается в том, что звуковая энергия, превращаясь в электрическую, сообщается проволокою проводника, а в телефоне, снабженном микрофоном, эта звуковая энергия еще способствует освобождению еще большего запаса электрической энергии, — откуда рождается возможность перенесения звука на сотни километров.

Также и фотографическая пластинка в том отношении может превосходить глаз, что она может непрерывно принимать световые впечатления в течение целых часов, между тем как для глаза световые впечатления, не воспринятые в несколько секунд, не будут восприняты и при более продолжительном воздействии.

Из многочисленных свойств фотографической пластинки, дополняющих наше чувство зрения, упомянем еще об одном. Можно получить пластинки, настолько прозрачные и мелкозернистые, что они будут представлять собою глаз прозрачный, смотрящий одновременно в две противоположные стороны и притом видящий то, что иначе навсегда было бы сокрыто от человеческого глаза.

Только известные электрические инструменты превосходят ухо и глаз своею абсолютною чувствительностью к восприятиям энергии. Таковы, напр., зеркальные гальванометры, при помощи которых определяют количество электричества и электрические токи. Как известно, наше тело не ощущает протекающего чрез него тока, если он не будет достаточно силен. Хотя может еще ощущать колебания в силе тока. Но для получения электрического раздражения на таком небольшом расстоянии, как, напр., между концами указательного пальца и перста, нужно затратить энергию приблизительно в 20 эргов.

Тем драгоценнее инструмент, столь чувствительный по отношению к электрическим явлениям. Этот инструмент и другие служащие для той же цели заменяют нам электрический орган чувства, и при изучении электричества мы даже не замечаем отсутствия такого органа для непосредственного его восприятия.

¹⁾ В настоящее время имеются фонометры, правда, пока еще не столь чувствительные, как ухо.

Самый чувствительный гальванометр, до сих пор известный, гальванометр *Пашена*. Его порог раздражительности лежит немного ниже *одной биллионной эрга*, т.-е. он приблизительно в десять тысяч раз чувствительнее, чем ухо или глаз. Работы мигнувшего глаза было бы достаточно для того, чтобы вызвать сто биллионов наименьших размахов у этого инструмента. Стоит только привести его полюсы в соприкосновение с двумя точками нашего тела, чтобы получить значительный размах этого инструмента. Самый добродушнейший человек оказывается электрически заряженным. Что состояние духа человека играет здесь роль, доказывается опытами *Тарланова* и *Штислера*. Если соединить оба полюса гальванометра надлежащим образом с ладонью и тыльной поверхностью руки, то обнаруживается ток, когда исследуемое таким образом лицо щечкают, дают чего-нибудь понюхать или вызывают внезапное слуховое или световое впечатление, хотя бы при этом руки не обнаруживали движений. Мало того, гальванометр обнаруживает степень участия, все равно сочувствия или отвращения, которое испытывает лицо к другому, имя которого произносят в его присутствии.

Такие зеркальные гальванометры, благодаря их громадной чувствительности, имеют широкое распространение в наших физических лабораториях. Не существует почти явления, которого нельзя было бы выследить при их помощи,—стоит только, чтобы исследуемая энергия превращалась в электрическую или освобождала ее.

Так, можно измерять силу звука чрез вызываемые им в телефоне электрические токи. Для этого нужно только несколько изменить гальванометр.

Или мы можем измерять силу света, если будем подвергать тончайшие проволоки нагреванию светом и вызванные в них изменения электропроводности измерять гальванометром. Таким образом *Лангсую* и *Пашену* удалось определить необычайно малые колебания температуры в этих проволоках, последнему менее *одной миллионной градуса Цельсия*. Порог наших ощущений лежит примерно при 1° градуса Цельсия.

Гальванометр также заменяет нам глаз по отношению к длинным волнам за пределами красного цвета, которые уже не действуют на наш глаз. Между тем как глаз ощущает цветные впечатления на протяжении того, что на языке акустики мы называем октавой, гальванометр и фотографические пластины, благодаря стараниям в первом случае *Рубенса*, а во втором—*Шумана*, охватывают целых девять октав ¹⁾ и уже только небольшой промежуток

¹⁾ Благодаря дальнейшим работам того же Рубенса, а также Вуда промежуток между самыми короткими электромагнитными волнами Лебедева 1 м м и крайними инфракрасными $0,3\text{ м м}$ значительно уменьшился. В 1922 году получены известия о том, что удалось наблюдать короткие электромагнитные волны в $0,1\text{ м м}$, так что промежуток между волнами Лебедева и Рубенса заполнен. Кроме того Лушани получил более короткие ультрафиолетовые волны, а также открыт спектр рентгеновских лучей и γ -лучей радия с частотой до 10^{11} колебаний в секунду.
Прим. ред.

отделяет самые длинные световые волны от других эфирных волн, электромагнитных, которые *Герц* получил и обнаружил электрическим путем.

Таким образом мы снова возвращаемся к нашей точке отправления, к положению о возможности познания естественных явлений, для непосредственного восприятия которых мы не имеем никаких соответственных органов чувств. Именно в этой магнитной области наше искусственное чувство, намагниченное зеркальце, раскрыло самые изумительные факты. Оно подвергается частым колебаниям, называемым магнитными бурями и находящимся в значительной связи с северными сияниями и количеством солнечных пятен ¹⁾.

Но ни в какой области за недавнее время не обнаружила физика в такой разительной мере своей способности создавать человеку новые органы чувств, как в великом открытии *Рентгена*. Рентгеновские лучи обнаруживаются нашим чувствам при помощи экранов из синеродистой двойной соли бария и платины, которые превращают их энергию в световую, или более ооольным путем фотографирования. Насколько это средство, в буквальном смысле способствующее нам проникать взором в глубь предметов, имело значение в смысле усовершенствования нашего приспособления к окружающей среде, доказывает та польза, которую извлекала из него хирургия, о чем, я полагаю, мне излишне распространяться.

Этот прием изучать состояние или явление, которое или недостаточно или вовсе недоступно нашим чувствам, видоизменяется в физике на тысячи ладов. Приведу еще пример. Что вода не чиста, узнаем мы, увидав остаток при ее выпаривании. Чистейшую воду, когда-либо существовавшую на поверхности земли, получил *Фридрих Кольраун* совместно с *Гейдвигером*. Что в 15 кубических сантиметрах этой воды было растворено несколько сотысячных миллиграмма твердых веществ, это *Кольраун* услышал в телефон благодаря электропроводности, которую они сообщили этой воде.

Этих примеров, я полагаю, достаточно.

Но какое значение имеет это расширение области наших чувственных восприятий для нашего познания? Еще прежде возникает другой вопрос: наш орган чувств сообщает ли нам непосредственное познание? Наш орган чувств сообщает нам только ощущение, оно не что иное, как знак последовавшего внешнего раздражения. о значении этого знака нам говорит *инстинктивное восприятие*; оно устанавливает связь между известным внешним и внутренним процессом.

Нечто подобное имеет место и тогда, когда мы оцениваем знаки, подаваемые нам нашими инструментами. Новый знак вы-

¹⁾ Связь солнечных пятен с магнитными бурями и полярными сияниями выяснена исследованиями *Гэля*, открывшего с помощью спектроскопа по расщеплению спектральных линий (явление Зомана) магнитные вихри на солнце вблизи солнечных пятен

зывает только ощущение: что-то случилось. Когда Кирхгоф, поместив между гелиостатом, отражавшим солнечный луч, и щелью спектрального аппарата пламя, окрашенное натрием, увидел вместо ожидаемого просветления только еще более резкое затемнение Фраунгоферовой линии D, он вышел из комнаты со словами: „Это, мне кажется, начало крупной истории“. Уже на другое утро он разгадал смысл этого знака. У него сложилось представление, что в солнечной атмосфере находятся пары натрия, он установил связь между ними и Фраунгоферовой линией D.

Это было не так-то просто. Потребовалось не одно только остроумие, но и значительный запас практической опытности и именно той сжатой, сконцентрированной опытности, которую мы называем *теорией*.

Наши физические теории, с точки зрения истории развития, — только указания для внутренних процессов приспособлений к внешним явлениям. Окружающая среда вызывает их в нас так же, как звук запечатлевается в нашем ухе, свет в нашем глазе. Подобным же образом падающее тело вызывает в нас какое-то внутреннее кинематографическое изображение, так что при впечатлении сорвавшегося тела в нас безотчетно всплывает мысль о падающем, вызывая порою рефлексивные движения самозащиты.

Только в физических теориях природа этого кинематографа посложнее. Герц в своей механике очень метко говорит: „Мы вырабатываем для себя внутренние образы или символы внешних предметов и вырабатываем их такими, чтобы мыслимо-необходимые последствия этих образов были также непременно образами естественно-необходимых последствий от изображенных предметов“. Наш кинематограф, в силу своего механизма, исходя из своего начального образа, должен давать конечный образ, который так же точно соответствовал бы конечному состоянию внешнего явления, как и начальный образ соответствует его начальному состоянию.

Чего же можем мы ожидать от дальнейшего расширения области наших чувств и усовершенствования наших теоретических кинематографов?

Философы неоднократно высказывали мысль, что вещь сама в себе (*das Ding an sich*) навсегда остается недоступной нашему познанию. Физик может на это ответить, что предметом его исследования бывают только отношения вещей к нему и между собой ¹⁾. Вещи, которые не действуют ни на его чувства, ни на другие вещи, непосредственно или посредственно на него воздействующие, конечно, не подлежат его познанию. Но причину этого он видит не в недостатках его метода исследования, а в самом определении

¹⁾ Здесь О. Винер не делает вывода, который сам собою напрашивается: ведь то, что было недоступно нашим органам чувств и что стало доступно благодаря физическим инструментам, из „вещи в себе“ превратилось в вещь для нас. Очевидно, Винер не до конца освободился от влияния философов.

понятия—вещь сама в себе. Предположение, что вещь сама в себе недоступна познанию, равносильно заявлению, что безотносительная вещь не имеет отношений или что не существующая вещь не может быть найдена. Сожалеть об этом, конечно, никто не станет ¹⁾).

Напротив, полный смысл имеет вопрос, в состоянии ли мы или будем ли когда-нибудь в состоянии сделать наши представления о данных внешним миром отношения в известной степени независимыми от наших чувств. И на этот вопрос мы, конечно, не можем просто отвечать отрицательно, не подвергнув его прежде обсуждению.

¹⁾ Этому воззрению на „вещь сама в себе“ я научился у моего отца *Христиана Вакера*, который в своей книге „Основы мирового порядка“ (1869 г.) высказывается так: „Существуют ли на том же месте (например, занятом каким-нибудь существом) еще другие вещи помимо тех причин, которые непосредственно или посредственно через другие явления оказывают воздействие на наши чувства, нам неизвестно и никогда не будет известно, потому что мы можем получать вести лишь о том, что вызывает какое-нибудь явление в нашем я, т. е. какое-нибудь ощущение или чувство непосредственное или посредственное. Не можем мы составить себе о них и представления, так как каждое представление берет начало от воспоминания об испытанном ощущении или чувстве и, наоборот, никакое ощущение или чувство не может быть порождено представлением. И потому, если б они и существовали, они не имеют никакого значения ни для нашей деятельности, так как не могут влиять на нас, ни для нашего знания, так как мы бессильны составить себе о них представление. Если же этой вещи, которая остается в остатке за вычетом всех действующих на нас причин, люди присваивают название „вещи самой в себе“, то они решительно заходят слишком далеко. Потому что, во-первых, мы не знаем, останется ли за этим вычетом что-нибудь в остатке, а во вторых, тому, существование чего не только не достоверно, но даже ничем не указано, конечно, совершенно неуместно давать особое название. Правда, те, кто пользуется этим названием, верят в существование „вещи в самой себе“, но и только верят, так как не имеют не только доказательства ее существования, но даже указания на то, что она существует. К тому же это название „вещь сама по себе“ обозначает, что она-то и является по существу все определяющею, но эта вера лишена уже всякого основания.“

Еще резче высказывается *Э. Мах* в своей книге „Материалы к анализу ощущений“: „Целесообразная привычка обозначать то, что в явлениях постоянно, *одним* названием и охватывать его в *одной* мысли, не прибегая каждый раз к анализу составных его частей, эта привычка может порою приходить в своеобразное столкновение со стремлением разлагать все на составные части. Неясный образ постоянного который не изменяется заметно, когда выпадает из него та или другая составная часть, представляется нам чем-то *самым в себе* существующим. Вследствие того, что можно удалять каждую составную часть в *отдельности*, не расстраивая образа целого, которое все же можно узнавать, приходят к заключению, что можно удалить и все составные части и в остатке останется еще что-нибудь. Таким образом могла возникнуть чудовищная мысль об отличной от ее „проявления“ непо- знаваемой „вещи самой в себе“ ¹⁾).

Прим. Вакера.

¹⁾ У Маха точка зрения совсем другая: она сводится к тому, что никаких вещей нет, существуют только ощущения; но в данной цитате это не так ясно выражено

Прим. ред.

Факт существования обширной области науки, учения о магнетизме и электричестве, доказывает возможность раскрытия соотношений без наличности особенно для того приспособленного органа чувства. Из приведенных примеров вам ясно, что мы можем исследовать так же легко, если и не так же пригодно, световые явления ухом, а звуковые — глазом.

Отсюда в основе не представило бы большого труда фактически изобразить все содержание наших физических знаний в форме самопишущих аппаратов и других автоматических приспособлений, на подобие обычных музеев автоматов. На деле нечто подобное уже осуществлено в берлинской Ураии, где вам стоит нажать на кнопку, и перед вами сам собою разыгрывается научный опыт. Существо, обладающее совершенно иными органами чувств и достаточно обширными физическими сведениями и способностями, могло бы ознакомиться в таком музее с современным состоянием наших физических знаний. Аппарат *Зоммера* для анализа движений с его тремя рычагами, чертящими три кривые, научил бы его, между прочим, что всякое движение с самого своего начала определяется тремя данными, т.-е. что пространство имеет три измерения. Я вполне разделяю точку зрения г. *Гельера*, которую он недавно так талантливо развивал с этого же места, и вместе с ним признаю, что кантово допущение априорности наших представлений пространства и времени совершенно излишне.

Наоборот, мы можем себе представить, что мы находимся в лаборатории существа, одаренного совершенно иными органами чувств. Положим, что это существо нечувствительно к световым лучам, но, наоборот, чувствительно к невидимым ультракрасным. В окнах его лаборатории вместо наших стекол будут вставлены тонкие, для нас непрозрачные пластины черного эбонита, из этого же материала будут сделаны и линзы его телескопа. Раскрытие смысла его аппаратов, конечно, предположив достаточные с нашей стороны сведения по физике, потребовало бы с нашей стороны менее остроумия, чем разъяснение клинообразных надписей.

Мы можем, значит, уже и теперь в известной степени освободиться от специфической природы наших чувств ¹⁾, даже можем представить себе, каковы бы были наши впечатления, если бы мы имели другие чувства ²⁾.

Что наши современные сведения о связи физических явлений крайне недостаточны, не нуждается в пояснении. Это несовершенство обнаруживается в двух направлениях. Во-первых, оно заклю-

¹⁾ Т.-е. мы получаем все более и более верные изображения независимо от нас существующих объектов и явлений

Прим. ред.

²⁾ Автор мог бы еще указать на то, что наименее точны наши сведения именно в тех областях, где мы ограничиваемся только свидетельством наших органов чувств, как, наприм., в области обонятельных и вкусовых впечатлений, по отношению к которым мы не могли бы еще осуществить первого шага всякого научного исследования — классификации. *Прим. пер.*

чается в том, что еще до сих пор, можно сказать, чуть не каждый день раскрываются новые связи, а, во-вторых, что многие знаки, которые мы получаем от наших чувств и аппаратов, еще не превратились в умственные восприятия, т. е. что наши теории еще неудовлетворительны и недостаточно объединяют предмет. Давно замечено, что с возрастанием полноты наших знаний по отношению к известной группе явлений возрастает и *единство* их теорий.

Но этот метод расширения области наших чувственных восприятий допускает почти неограниченное применение. Любое явление, не оказывающее непосредственного действия на наши органы чувств или их придатки,—наши современные аппараты,—если только оно не находится вне всякой связи с нами и, следовательно, должно быть признано для нас несуществующим, должно как или иначе быть в посредственной связи с другими явлениями, которые будут оказывать действие на наши аппараты. Рано или поздно оно станет для нас заметным ¹⁾ и тем легче, чем более относящиеся сюда факты объединяются нашей теорией: такая теория, как это не раз уже было, обнаруживает соотношения, которые непосредственно еще ускользают от нашего наблюдения, но подтверждение которых так же вероятно, как и открытие Нептуна на основании вычислений Леверье.

Какова была бы конечная цель подобного процесса развития? Как должна быть построена теория, которая была бы по возможности однородною, объединяющею, всеобъемлющею и независимую от специфической природы наших чувств? В чем заключался бы наименьший элемент для построения нашего теоретического кинематографа?

Может быть, для этого пригодна энергия, которая к тому же оказывает действие на все наши чувства. Но она, во-первых, неоднородна ²⁾, мы различаем, между прочим, механическую, тепло-

¹⁾ Т. е. то, что относилось к категории так называемой вещи в себе, становится доступным изучению.

Прим. ред.

²⁾ Энергия также еще не достаточно проста, как наиболее общий элемент для построения, так как ее в отдельном случае должно обозначать по меньшей мере двумя факторами. И, несмотря на то, это понятие не достаточно для изложения простейших физических явлений, именно явлений движения в тесном смысле, так как в него не входит понятия *направления*. Именно это обстоятельство является преимуществом в тех случаях, когда не приходится заботиться о подробностях явления, а только об его общем ходе, как, наприм., в явлениях химических. Но если бы общее учение об энергии должно было обнимать и такие явления, как соотношение удельной теплоты газов с их химическим составом, или такие, как связь между упомянутым выше расширением спектральных линий с температурой и атомным весом светящихся паров, найденная Майкельсоном и оказавшаяся согласной в первом приближении с выводами кинетической теории газов и принципом *Доллплера*, то и в том, и в другом случае учению об энергии пришлось бы обратить внимание на более тонкое распределение энергии. Оставаясь последовательным, пришлось бы в тех случаях, когда имели бы дело со скоростями, приписывать одному и тому же телу, при изменении направления движения,

вую, световую энергию, и даже самая постановка вопроса о том, как объяснить себе равнозначность и способность ко взаимному превращению различных форм энергии, признается бесплодною именно теми учеными, которые, подобно нашему коллеге Оствальду, составили себе из этого слова энергия нечто вроде научного прозвища.

Но существует и другая форма явления, на которую также все наши чувства отзываются. Это — движение или перемещение. Никакой орган чувства не может перейти из состояния покоя в состояние раздражения без известного сближения между источником чувства и источником раздражения или внешним явлением, вызывающим раздражение. В то же время обнаружилось, как самый общий результат физических наблюдений, что в любой какой-нибудь точке действует только состояние, господствующее в этой самой точке, а не что-либо иное, — вывод, который для всякого беспристрастного наблюдателя представлялся бы на основании ежедневного опыта чем-то самоочевидным. Между тем как физики в течение долгого времени допускали совершенно обратное. И разве до сих пор мы не признаем этого очевидным по отношению к силе тяжести? Но и она, как метко замечает Герц, внушает подозрение, так как закон ее действия невольно наводит на мысль, что и здесь мы имеем дело с *явлением распространения*.

Попытку такой теории, пытающейся все физические явления свести на движение однородного вещества, оставил нам Герц в своей механике. На основании ее существующие движения продолжаются известным закономерным образом, так что их энергия сохраняется. Тем самым и все формы энергии принимаются в конечном результате тождественными. Эта Герцовская механика не имеет притязания уже теперь и во всех частностях свести физические явления к движению, она стремится только доказать возможность такого сведения и отсутствие в нем внутреннего противоречия. Она таким образом ставит одновременно и теоретической и экспериментальной физике широкую перспективу новых задач.

Один результат этой теории заслуживает самого широкого внимания. Она прокладывает путь к уничтожению далеко-действующих сил, к уничтожению самых сил старой физики. Сила играет в ней роль математической, строго-определенной вспомогательной величины. Что же станется тогда с пресловутой вечной мировой

различные специфические энергии, так что направление определялось бы особым видом специфической энергии. Конечно, возможно, что при подобном расширении его объема, под условием соблюдения строгости в понятиях и выводах, и учение об энергии могло бы дать такое же удовлетворительное объяснение физических явлений, как и механика или учение о движении. Но я полагаю, что тогда, т.-е. когда его объем сравнялся бы с объемом учения о движении, оно существенно отличалось бы от этого последнего только своими обозначениями, и преимущество простоты оказалось бы на стороне учения о движении.

Прим Вилера.

загадкой о происхождении силы, когда самой силы, в смысле этой загадки, вовсе не существует ¹⁾?

Это серьезное предостережение всем тем, кто желает выступать с благою вестью вечных загадок. Всякая такая благоветствующая деятельность не свидетельствует особенно о скромности подвизающихся в ней. Когда мы наделяем *отдаленнейшие поколения* эту скромностью неведения, мы и наше собственное неведение делаем тем более извинительным.

Одно только очевидно: стоит предъявить достаточно неясные, противоречивые или бессодержательные понятия или предложить *пути* для разрешения задачи совершенно для того негодный,—и вечная загадка готова и может быть пущена в ход ²⁾.

1) Первая из „семи мировых загадок“ *Дюбуа-Реймона*.—Эта речь, читанная 3 июля 1880 г., появилась вместе с другой: „О границах нашего познания природы“. *Прим. Винера*.

2) К числу загадок, построенных на неясных и противоречивых понятиях, должна быть отнесена седьмая мировая загадка Дюбуа Реймона о свободе воли. Эта загадка исчезает сама собою, как только мы пожелаем связывать с нашими словами ясные, не допускающие двусмысленного толкования прочно установленные понятия, как это, на мой взгляд, доказал *Христиан Винер* в своей речи „Свобода воли“.

К загадкам, основывающимся на бессодержательных понятиях, вместе с только что указанной загадкой силы относится и другая— о происхождении движения, по счету Дюбуа Реймона— вторая из мировых. Она построена на совершенно произвольном допущении, что закон сохранения энергии когда-то в прошлом не был применим.

По второму рецепту применению пути исследования, в данном случае непригодному,— построена пятая из мировых загадок Дюбуа-Реймона, именно о первоначальном появлении простейшего ощущения или возникновении сознания. Дюбуа-Реймон требует, чтобы оно было объяснено механически, т. е. посредством движения, и затем доказывает, что эта задача неразрешима.

Это требование равносильно требованию: объяснить взаимодействие между двумя беседующими людьми, исходя из законов акустики, или требованию объяснить влияние телеграфной сети на культуру народов, исходя из законов электричества. Само собою очевидно, что любое явление можно объяснять только сравнением с одинаковым, но более простым явлением: сложное движение сравнением с простейшим движением, сложное ощущение сравнением с простейшим ощущением. Потому что „объяснять“ значит что-либо неясное делать ясным, непрозрачное прозрачным, что-либо запутанное, смешанное распутывать, разлагать на составные его части. Как же можно требовать, чтобы при изучении явления, которое подобно сознанию представляется нам с двух сторон, мы пытались одну форму явления объяснять при помощи составных частей другой ее формы. Параллелизм между телесным и духовным мы должны рассматривать как результат рассмотрения одного и того же явления с двух сторон, внешней и внутренней; воззрение это высказывали *Спиноза, Фехнер, Вунт, Мах* (этот последний, напр. в словах „Не материал, а направление исследования различны в этих двух областях“). Образом подобной обработки может служить попытка *Гельмгольца* объяснить связь гармонии тонов с простотою отношений между числами соответствующих им колебаний. Сочинение *Маха* „Опыт анализа чувственных восприятий“ представляет целый ряд блестящих и ясных соображений в том же направлении. Предел того, что может достигнуть психологическое объяснение, заключается в сведении сложных ощущений к возможно простым, напоминающим рефлекс, составным частям ощущений, которые, будучи мысленно

Позвольте мне в заключение бросить беглый взгляд на задачи техники и жизни с нашей сегодняшней точки зрения.

Когда физик предпринимает новое исследование, он собирает свой аппарат по большей части собственными руками и по окончании работы разбирает его. Это само собою понятно.

изолированы, составляют уже переход к бессознательным явлениям. Если Дюбуа-Реймон понимает под подлежащими объяснению простейшими ощущениями—ощущения сознательные, то это уже, конечно, не будут простейшие составные начала ощущения, потому что сознание предполагает уже существование очень сложных ощущений, и это ощущение подлежит объяснению, т.-е. разложению на простейшие составные части. Если, наоборот, иметь в виду простейшие ощущения, то они, по самому определению, далее психологически не разложимы: условия же их осуществления подлежат только внешнему изучению, т.-е. допускают только физико-физиологическое объяснение.

Что психологический самоанализ нам не так-то легко дается, происходит вероятно оттого, как заметил уже Гельмгольц, что эта способность имела ничтожное значение в борьбе за существование. Но не получил ли с дальнейшим развитием эта способность большее значение? Пожалуй, в пользу такого предположения о развитии этой способности в силу основного биологического закона говорит тот же факт, что у детей она гораздо слабее развита, чем у взрослых. Младенец не может указать на причину какой-нибудь боли или недомогания, что взрослому вполне удастся. Как бы то ни было, но мы и здесь не видим никакого оправдания для проповеди „*ignorabimus*“, которой легко могут злоупотреблять как чем-то вроде гимнастической доски для прыжка в область всякой непоследовательности, произвола и мистики.

Таким же образом и в физике окажутся такие конечные составные части теории, которые не будут подлежать дальнейшему объяснению в силу данного выше определения этого слова. Предположим, что явится возможность вывести все физические явления из основного закона *Герца* или какого-нибудь ему подобного, лишенного еще присущих ему несовершенств или не вполне удовлетворительных точек отправления,—спрашивается, какой смысл было бы требовать еще дальнейшего объяснения этого самого общего закона? Потому что если бы он вытекал из другого закона, принятого за основной, то затем вставал бы вопрос об объяснении этого последнего. Такое требование стоит в противоречии с понятием „объяснение“. Достигнув подобного предела, мы в конце-концов должны удовлетвориться тем, что можно себе сказать: все физические явления совершаются на основании известного, определенного, самого общего и простейшего основного закона.

Подобного рода соображения побудили *Кирхгофа* заменить „объяснение“ „описанием“. Но таким образом он приходит в противоречие с общепринятым употреблением этих слов: под „описанием“ разумеют лишь внешнюю передачу известной группы явлений, под „объяснением“—простейший ключ для ее понимания. Так, на основании обычного употребления слов, под возможно полным и простым описанием явлений планетного движения для известной точки земного шара подразумевалось бы охватывающее все планеты в течение возможно длинного срока времени указание их положений по отношению к этой точке земли, при чем могла бы быть соблюдена возможно простая форма таблиц или графического обозначения. Но под этим словом никоим образом не разумелось бы указание на то, что эти движения совершаются по законам Ньютона, к которым от указанного действительного описания лежит еще длинный и тяжелый путь. И потому вместе с *Гельдером* я считаю обозначение, предложенное *Кирхгофом*, неудачным. Результатом этого обозначения явилось то, что в последнее время нередко слово „описание“, согласно его первоначальному смыслу, прилагается к действительной простой внешней передаче какой-нибудь группы явлений, а в то же время предъяз-

Для того, чтобы заслужить право на более продолжительное существование, аппарат должен обладать известной законченностью и теми особенными качествами, которые может сообщить ему только техническое производство, повторяющее его в большом числе и в одинаковой степени совершенства. Но это не легкая работа. И потому мы должны быть особенно благодарны людям, которые не отворачиваются от такого труда, на пользу всех снабжая их новыми органами чувств.

Совершенно необыкновенные успехи встречаем мы там, где научная проницательность соединяется с техническим искусством. Укажу, напр., на совместную работу физика *Вернера Сименса* с искусным механиком *Йоганном Гальске* в области электротехники и физика *Арнеста Лобе* с оптиком *Карлом Цейсом*.

Не менее делают в этом направлении изощрения и расширения наших чувств наши научные институты с Шарлоттенбургским физико-техническим имперским институтом (Reichsanstalt) во главе. Это учреждение возникло в значительной мере под вдохновением и при содействии *Вернера Сименса*, имело первым своим руководителем *Гальмгольца*, а потом *Фридриха Кольрауша*.

Но, сказать правду, эти институты поглощают большие средства, эти искусственные органы чувств очень дороги и нуждаются в особых просторных помещениях для своего целесообразного применения. И мы не можем быть достаточно благодарны нашим правителям и представителям за то, что они с похвальной дальновидностью не жалеют средств на расширение этих помещений на пользу науки и преподавания. Говорю это и на основании личного опыта, так как обязан королевскому саксонскому правительству и нашим камерам, разрешившим на-ряду с другими институтами и новый физический институт, помещение которого должно удовлетворять потребностям преподавания и научного исследования.

И тем более все мы, учащие и учащиеся, должны сознавать свой долг, чтобы из этого потом народным созданным капитала была выручена вся возможная польза, чтобы мы напрягли все наши силы в общем воодушевленном труде на благо науки и на пользу народу.

Я уже останавливался на взаимодействии между наукой и техникой, между расширенными органами чувств и расширенными рабочими органами. Успехи в обеих областях взаимно обуславливаются, как это показал уже Герберг Спенсер.

Мы недавно имели случай это наблюдать в разительной форме по поводу открытия рентгеновских лучей, мы видели благотворное действие науки на технику, которая в свою очередь снабдила науку усовершенствованными аппаратами.

— — —
 ляются приязнания на признание за ней такого же значения, какое придает своему „описанию“ *Кирхгоф*. Этим я, конечно, не желал бы уменьшить значение изречения *Кирхгофа*, в смысле его *содержания*; оно, может быть, даже не произвело бы такого впечатления, если б не заходило слишком далеко в своей словесной форме

Затем, я полагаю, каждому приходит в голову мысль о той головокружительной скорости, с которой совершается это развитие. Оно невольно напоминает реакцию какого-нибудь взрывчатого вещества.

И нельзя сказать, чтобы это сравнение было только поверхностное. Всякая реакция идет тем скорее, чем значительнее число частиц, которые вступают в соединение. Если соединением одних создаются условия, ускоряющие соединения других, напим., повышенная температура, то реакция принимает характер взрыва.

Пока число исследователей было незначительно, научные методы естествознания были мало развиты, оно подвигалось медленно. Теперь число исследователей велико, они рассеяны по всему земному шару, и каждое открытие создает состояние, ускоряющее дальнейшее развитие. Каждое открытие создает новые точки соприкосновения, оно создает также и технические применения, а в свою очередь научная техника, электро-техника, оптическая техника, химия нуждаются в новых научных силах. Их завоевания делают снова возможным быстрые дальнейшие успехи науки, и таким-то образом создается то движение, которое по сравнению с длинной вереницей геологических времен производит на нас впечатление какого-то взрыва.

К этому следует еще добавить, что быстрое расходование капитала, накопившегося тысячелетиями, — именно каменного угля, в значительной степени умножило наши силы.

Куда все это приведет? Я полагаю, что, с биологической точки зрения, обнаруживается глубокое изменение наших условий существования.

Взрывчатый характер этого процесса развития предъявляет к человеку и необычайные требования, в особенности по отношению к его нервной системе.

Не знаю, будут ли грядущие тысячелетия нам завидовать. Сдается мне, что и тем водяным животным, которые когда-то вынуждены были выбраться на сушу и начали дышать легкими вместо жабер, жилось также не очень-то приятно.

Вновь созданные условия определяют усиленный отбор сильных нервами; мы сами чувствуем на себе следы этого отбора.

И потому мне хочется заключить эту лекцию обращением к нашему университетскому юношеству: как академический преподаватель, я имею на то право.

Берегите свои нервы, живите сообразно с природой, берегите их для плодотворного труда. Охраняйте их от вреда, причиняемого чувственными наслаждениями ¹⁾, никакое наслаждение не сравнится с тем, которое даст вам творческая деятельность в области вашего призвания.

1) Эти предостережения, а равно и жалобы на упадок в учащейся молодежи общественных идеалов все чаще раздаются с немецких университетских кафедр и слышатся в литературе. Любопытен факт, указанный немецкими газетами, что в текущем году в берлинском университете поступаю-

Ф. БЬЕРКНЕС.

Сравнительный метод в физике¹⁾.

(Перевод А. И. Смирнова).

При оценке попыток подвергнуть исследованию окружающий нас физический мир, мы всегда должны иметь в виду ограниченный характер наших чувственных восприятий. Явления, выступающие для наших ощущений обособленно друг от друга, например, световые и тепловые лучи, при ближайшем исследовании могут, как оказывается, быть сведены к одному и тому же физическому явлению; воспринимаемое нами субъективно как звук, объективно выражается в мелких движениях инертных масс, и подобного рода примеры по мере развития науки все умножаются в числе.

Сопоставление подобного рода фактов способно вызвать впечатление, что физический мир образует некоторое связанное целое,

и вместе с матрикулами раздавали известную брошюру на эту тему проф. А. А. Герцена. Как это выжется с одновременно прославляемым пробуждением философского идеализма? Повидимому, идеализм схоластический может хорошо уживаться с практическим, житейским материализмом и, наоборот, идеализм практический, жизненный, деятельный, немыслим без широких общественных идеалов и как то обыкновенно совпадает с более высоким уровнем общей нравственности. Сравнение нашей учащейся молодежи с нашими ближайшими западными соседями невольно наводит на эту утешительную параллель.

Примеч. перев. (1904 г.).

¹⁾ Статья представляет собою введение к книге „О силах гидродинамического происхождения, действующих на расстоянии“ (Hydrodynamische Fernkräfte). Эта книга является изложением работ отца автора—К. Бьеркнеса, посвященных теоретическим и экспериментальным исследованиям взаимодействий пульсирующих (каучуковых) шариков, а также колеблющихся (осциллирующих) твердых шариков, погруженных в воду. Между этими шариками возникают силы притяжения и отталкивания, законы которых совпадают с электрическими и магнитными взаимодействиями. Впоследствии Ф. Бьеркнес сделал еще дальнейший шаг: он установил аналогию между взаимодействием вращающихся твердых цилиндров и электромагнитными взаимодействиями проводников, обтекаемых электрическим током. См. „Die Kraftfelder“ v. Bjerkness. Sammlung Wissenschaft. Vieweg. *Прим. ред.*

из которого нашему непосредственному восприятию доступны лишь отдельные, далеко отстоящие друг от друга области. Далее, эти факты как-будто указывают на то, что это связанное целое имеет единое строение, а тот факт, что явления по существу одной и той же природы мы воспринимаем обособленно,—то в форме звука, то света, то теплоты,—объясняется своеобразной природой наших ощущений. Задача физики—путем изучения отдельных и лишь обособленно доступных нам явлений построить картину лежащего за ними связанного мира явлений.

Для разрешения этой задачи, очевидно, огромное значение имеет сравнительное изучение отдельных групп явлений, на первый взгляд представляющихся обособленными друг от друга. Метод изучения при этом будет совершенно тот же, что и метод сравнительного языкознания или сравнительной анатомии: все более накапливающаяся сумма сходств повелительно приводит нас к выводам о генетической связи сравниваемых областей, которая при благоприятных условиях может быть и прямо подтверждена новыми открытиями. Возьмем один только пример: чисто оптические исследования *Френеля* и его преемников и чисто электрические исследования *Максвелла* и *Герца* привели к столь длинному ряду сходств между оптическими и известными классом электрических явлений, что пришлось по необходимости вывести заключение о наличии более глубокой связи между ними и оптические явления причислить к более широкому классу электромагнитных процессов.

При исследовании соотношений между на первый взгляд обособленными частями физики, внимание само, собою направляется на те отношения, какие эти отделы имеют к одному особому отделу физики—к механике.

Причина тому прежде всего—объективная: все нам известные физические явления самым тесным образом связаны с явлениями механическими, и эти сопутствующие механические явления во многих случаях служат нам лучшими или даже единственными вспомогательными средствами в чисто физических исследованиях. Стоит лишь вспомнить, как сопутствующее нагреванию тел чисто механическое явление—расширение,—повело к устройству основного прибора для всех термических исследований, а наше непосредственное чувство тепла перестало находить себе применение. Или еще: все наши знания об электрических и магнитных явлениях приобретены благодаря сопутствующим им явлениям притяжений и отталкиваний и с помощью измерительных приборов, основанных на этих механических явлениях.

Но есть и субъективная причина: среди физических явлений не найдется таких, с которыми мы были бы столь близко знакомы, как с механическими. Каждый из нас обладает инстинктивным знанием основных механических истин, приобретенным, начиная с момента рождения, путем непрерывно продолжающегося опыта. Эти опыты еще задолго до того, как становятся предметом размышления, воспринимаются нервами и мышцами и непрерывно приме-

няются при всякой физической деятельности. Помимо такого субъективного близкого знакомства с механическими явлениями, мы еще обладаем способностью занимать по отношению к этим явлениям позицию более объективную, по сравнению с другими физическими явлениями, по той причине, что мы можем их воспринимать и контролировать одновременно при помощи нескольких наших чувств¹⁾.

Поэтому само собою ясно, насколько для исследователя субъективно важно привести более далекие ему физические явления в связь с механическими и использовать эту связь. Инстинктивно это было понято еще с первых шагов физического или натурфилософского мышления. Исследователи всегда прибегали к механическим представлениям не только для объяснения отдельных физических явлений, но и для построения, по примеру Демокрита и Декарта, целостных и законченных механизмов мира.

Эти удивительные успехи воображения прекрасно подходят для иллюстрации того, насколько лучше мы справляемся с механическими представлениями, чем со всеми другими чисто физическими. Но они же указывают и на известную опасность, кроющуюся в том, что лишенное контроля воображение всецело берет на себя руководящую роль, как это часто случалось не только на первоначальных стадиях развития наивной натурфилософии, но даже и после выработки точных методов исследования.

Возможность таких промахов не должна, однако, заставлять нас отказаться от применения наших исключительных способностей к механическому мышлению. Мысль, что именно путем применения этих способностей мы найдем лучший и, быть может, единственный путь конструировать мысленную картину всего целостного и взаимно связанного мира физических явлений, была всегда первой руководящей идеей К. А. Бьеркнеса в его гидродинамических исследованиях: он только дополнял ее в том смысле, что при этом, как и вообще в естествознании, должно пользоваться исключительно точным методом исследования. А этот метод в свою очередь должен точно воспроизводить метод сравнительного языкознания или сравнительной анатомии: систематическое изыскивание фактов из обоих обособленных друг от друга рядов явлений, фактов, могущих доказать или опровергнуть предполагаемую зависимость. При отыскании особых проблем или особых областей исследования, путем разработки которых ученый надеется найти такие факты, воображению должна быть предоставлена полная свобода. Но раз проблема поставлена или область исследования найдена, воображение должно лишиться своей руководящей роли, и, как уже сказано, на сцену должны выступить только точные методы.

¹⁾ Это доказывает, что явления движения крайне важны. Восприятие движений безусловно необходимо для организма, и потому в процессе «перезживания наиболее приспособленных» открытым Дарвином, должны были выработаться эти многочисленные способы восприятия движения. *Прим. ред.*

Вопрос о возможности сведения физических явлений к механическим процессам сам собою приводит нас к более точному анализу механических явлений самих по себе. Но при этом мы снова тотчас же встречаемся с случаями, где явления при наших непосредственных наблюдениях представляются разнородными, но где мы опять-таки, имея в виду ограниченность наших восприятий, в праве предполагать некоторое единство.

Эмпирически установлено, что изменения в движениях, испытываемые телом, всегда вызываются каким-нибудь другим телом. Но это второе тело может вызвать подобные изменения двумя, на первый взгляд, совершенно различными путями: в одном случае происходит непосредственное соприкосновение между двумя телами; в другом случае тела бывают совершенно отделены друг от друга, так что мы имеем дело с действием на расстоянии. Но мы должны допустить, что разнородность явлений может объясняться известного рода самообманом. Возможно, что между телами, кажущимися нам отделенными друг от друга, существуют скрытые для нас материальные связи, так что действие силы на расстоянии фактически выражается в ряде последовательных скрытых действий соприкосновения. Но и обратно, возможно, что и соприкосновение тел бывает только кажущимся, так что силы соприкосновения должно объяснять как действие сил на очень малых расстояниях.

Если выбор между этими двумя возможностями мы будем делать, руководствуясь естественным инстинктом, то в результате выбора сомнений быть не может. Совершенно подобно тому, как физические явления мы стараемся свести к механическим, а не обратно¹⁾, так же точно и силы, действующие на расстоянии, мы предпочитаем сводить к силам соприкосновения. Субъективная причина опять-таки остается все та же: силы соприкосновения принадлежат к имеющемуся у нас запасу инстинктивных механических представлений, чего совершенно нельзя сказать про силы, действующие на расстоянии. С силами соприкосновения мы знакомимся при всякой физической деятельности. По отношению же к силам, действующим на расстоянии, мы столь же близко знакомы лишь с двумя изолированными случаями: с весом тел и с их стремлением к падению, и лишь путем изучения мы усвоили себе новое понимание этих явлений, как действий сил на расстоянии. Исторически сведение их к действию одной силы составляет заслугу Галилея. До него силами считались лишь силы соприкосновения или давления. Дальнейшее сведение открытой Галилеем силы к действию материи на расстоянии явилось результатом

¹⁾ Такие философы, как Оствальд, утверждали, что наше более близкое знакомство с явлениями движения—дело случая (!), и могло бы случиться, что человечество раньше и более близко познакомилось бы с явлениями тепла, и тогда наши ученые имели бы склонность писать книги „Движение как род тепла“ вместо „Тепло как род движения“ (намек на классическую книгу Тиндаля). Нелепость подобной аргументации ясно доказывается изложенными в настоящей статье соображениями. *Прим. ред.*

открытия Ньютона. Мысль о возможном сведении сил, действующих на расстоянии, к силам соприкосновения фактически возникла в момент открытия действия на расстоянии, как особого явления. Это вытекает непосредственно из осторожных оговорок Ньютона при формулировке законов действия на расстоянии. Прямые попытки фактически осуществить такое сведение были сделаны также целым рядом физиков одного с Ньютоном и последующих поколений, и начало им положил престарелый *Гюйгенс*. Но неудача всех подобного рода попыток постепенно дискредитировала и все это направление; в результате наука не только отказалась от таких попыток,—да для успеха их не было и предпосылок.—но и вообще перешла к противоположной точке зрения, согласно которой силы, действующие на расстоянии, являются первоначальными и основными силами природы, а силы соприкосновения должны считаться производными. Лишь один первоклассный исследователь, *Эйлер*, дерзнул еще во второй половине восемнадцатого столетия выступить энергичным защитником прежних взглядов.

Результаты такого поворота в воззрениях на механические явления не замедлили сказаться во всех областях физики. Пржнее кинетическое мирозерцание сменилось новым—динамическим. Вместо движущихся, затрагивающих друг друга или сталкивающихся друг с другом материальных образований, из которых Демокрит или Декарт строили свой механизм мира, теперь вышли на сцену действующие на расстоянии атомы, никогда не приходящие в соприкосновение друг с другом и рассматривавшиеся даже как чисто геометрические точки.

В итоге исторического развития физики эти взгляды оставили по себе чрезвычайно глубокие следы: как раз в эпоху, когда учение о действии на расстоянии в более или менее последовательно развитой форме всецело господствовало в области физического мышления, достигли расцвета много новых отраслей физики, отмеченные с самого начала отпечатком этого учения. Поэтому вся теоретическая физика XIX века развилась как система учений на основе представлений о действии на расстоянии.

Но стремление прибегать к инстинктивно близким нам представлениям имеет свои глубокие корни. Лучше всего это доказывается, пожалуй, тем, что в эпоху, когда учение о действии на расстоянии составляло испытанную поколениями основу всей физики и, казалось, шло все дальше вперед от победы к победе, все-таки могла возникнуть реакция в виде призыва вернуться к прежним воззрениям, внушившая исследования, которые в ряде отдельных областей привели к возврату от динамических воззрений к кинетическим.

Идея действия на расстоянии, несмотря на всю ее полезность в качестве вспомогательной идеи при описании известных сторон явлений природы, не годится в качестве последней основы исследований, и необходимо приложить все усилия, чтобы подойти к знакомым нам в более глубоком смысле силам соприкосновения.

Такова была вторая руководящая идея К. А. Бьеркнеса в его гидродинамических исследованиях. Но и здесь, как и в вопросе о возможности механической природы физических явлений, мы опять-таки должны начинать не с установления какого-либо постулата, а с попыток накопления, при помощи точных методов исследования, возможно большего количества фактов, на основании которых мы постепенно вполне сможем уяснить себе, сводимы или несводимы силы, действующие на расстоянии, к силам соприкосновения, и требуют ли сами явления такого сведения или нет. Роль воображения и в этом случае должна ограничиваться лишь отысканием проблем или предварительным, пробным истолкованием явлений, на последующей же стадии мы должны всецело руководиться точными исследованиями.

Исследования можно производить на почве или механических или физических принципов. Из физических принципов исходили, например, проникнутые фарадеевски-максвеллевским духом опыты Герца, выявившие факты, всеми в настоящее время толкуемые в том смысле, что в области электричества и магнетизма учение о действии на расстоянии уже непригодно в качестве основной идеи. С другой стороны, исходя из механических принципов, Герц обнаружил факт, имеющий крупнейшее значение для этого вопроса: своей механикой он впервые показал, что при формальном построении этой науки можно вполне обойтись без идеи действия на расстоянии, благодаря чему тем самым дается форма механики, которая лучше может служить основой кинетического объяснения физических явлений.

Гидродинамические исследования К. А. Бьеркнеса постольку близки в особенности к механике Герца, поскольку они, исходя из механических принципов, ставят себе целью собирание фактов, имеющих значение для оценки вспомогательных средств механики в тех случаях, когда требуется свести силы, действующие на расстоянии, где это возможно, к скрытым действиям соприкосновения, а физические явления—к скрытым механическим процессам. К задачам, при разрешении которых можно рассчитывать на открытие таких фактов, можно прийти путем различных простых соображений.

В целях сведения сил, действующих на расстоянии, к действиям соприкосновения, обыкновенно всегда исходят из допущения заполняющей пространство среды. Поэтому в качестве основной составной части подлежащего нашему изучению механизма мы также берем такую среду. Для придания возможно большей простоты нашим первоначальным попыткам мы берем среду, наделенную возможно более простыми механическими свойствами: она должна обладать свойствами однородной, несжимаемой, лишенной трения жидкости.

В эту жидкость мы представляем себе погруженной некоторую систему любого количества тел. Для простоты анализа мы принимаем, что все тела шарообразны, и что взаимные их рас-

стояния велики по сравнению с их радиусами. При этом мы, однако, тотчас же можем отвлечься от вращения, как движения, остающегося без всякого влияния в лишенной трения жидкости, и наиболее общий тип подлежащего нашему рассмотрению движения каждого шара будет состоять в поступательном движении и связанном с этим движением расширении или сжатии (пульсации)¹⁾.

Поэтому нашей первой задачей будет изучение движения такого механизма с чисто механической точки зрения, и мы будем оставлять без внимания могущие при этом обнаружиться аналогии с другими явлениями природы.

Лишь после достаточно полного разрешения этой задачи мы можем мысленно поставить себя в такое же положение по отношению к этому механизму, какое мы, в силу ограниченности нашей способности восприятия, фактически занимаем по отношению ко всем окружающим нас явлениям природы: непосредственно мы можем воспринимать лишь обособленные частности, тогда как общая связь между ними остается для нас скрытой. При этом мыслимы различные стадии ограниченности наших наблюдений, из которых первая следующая:

Мы можем себе представить, что нашему восприятию доступны шары, но не жидкость. В таком случае влияния, взаимно оказываемые друг на друга через посредство среды, представляются нам как действие силы на расстоянии, и мы можем приступить к сравнительному изучению этих кажущихся, действующими на расстоянии сил гидродинамического происхождения и сил природы, действующих на расстоянии.

С другой стороны, поскольку нас наводят на это общие результаты наших исследований, мы можем мысленно представить себя в таком же положении по отношению к нашему механизму, какое мы фактически занимаем по отношению к комплексу, скажем, явлений электричества или магнетизма. Именно, вообразим себе, что мы можем воспринимать непосредственно лишь известные сопутствующие, быть может, сами по себе несущественные механические явления, и что эти явления служат нам единственным вспомогательным средством для изучения скрытого комплекса явлений. При таких предпосылках мы затем можем предпринять сравнительное изучение соответствующих механических и физических явлений.

Изложенным выше уже дан общий план исследований и особая задача, подлежащая разрешению согласно этому плану. Позднее в соответствующих местах мы укажем, как К. А. Бьеркнес

¹⁾ Бьеркнес показал, что пульсирующие согласно шарики, т.-е. одновременно сжимающиеся и одновременно расширяющиеся, притягиваются. Если один шарик сжимается в то время, как другой расширяется, то происходит отталкивание: в этой части, следовательно, аналогия обратная, но что касается количественного закона, то он тождественен с законом Кулона: сила обратно пропорциональна квадрату расстояния пульсирующих шариков друг от друга.

пришел к постановке этой задачи и как исторически развивались его исследования. Здесь же можно лишь отметить, что приведенные выше упоминания об исследованиях Фарадея, Максвелла и Герца имели в виду лишь общие родственные цели у этих исследователей и Бьеркнеса, а вовсе не историческую зависимость.

Первая идея исследований возникла у К. А. Бьеркнеса еще в то время, когда воззрения Фарадея не успели еще оказать ни малейшего влияния на общие представления физиков и когда пионерские исследования Максвелла еще не были начаты. Взгляды Бьеркнеса впоследствии развивались самостоятельно и имелись в основных чертах в законченном виде уже задолго до того, как опыты Герца привели к окончательной победе идеи, исходивших от Фарадея, и до того, как Герц создал свою механику.

Г. ГЕЛЬМГОЛЬЦ.

О цели и об успехах естествознания ¹⁾.

Глубокоуважаемое собрание.

Следуя полученному мною почетному приглашению и выступая с научным докладом здесь, в первом публичном заседании съезда естествоиспытателей, я нахожу сообразным со значением настоящей минуты и с достоинством этого собрания, вместе обращения к частному предмету моих собственных ученых исследований, предложить вам лучше бросить взгляд на развитие всего круга естественных наук, представители которых здесь присутствуют. Этот круг обнимает собою огромную область специальных знаний, материал почти необъятного разнообразия, объем и внутреннее богатство которого ежегодно растут и росту которого пока нет возможности указать каких-либо границ. В первой половине этого столетия у нас был еще *Александр фон Гумбольдт*, способный обозреть все тогдашние знания в области естественных наук, до их мельчайших подробностей и привести их в тесную взаимную связь. При современном же положении вещей весьма сомнительно, чтобы эта задача могла быть разрешена даже таким гением, как Гумбольдт, хотя бы он потратил на это все свое время и все свои силы.

Мы же все, работники на поприще дальнейшего сождения отдельных отраслей науки, можем употребить на одновременное изучение других частей ее только незначительную часть нашего времени. Предпринимая какое-либо отдельное исследование, мы должны сосредоточить все наши силы в строго ограниченной области. Нам не только приходится, подобно историку и филологу, собирать и просматривать книги, выискивать все сведения о том, что уже сделано другими в области данного предмета; напротив, это только второстепенная часть нашей работы. Нам нужно по-

¹⁾ Хотя эта речь была произнесена в 1869 году, но за исключением очень немногих мест содержание ее сохранило свое значение и в наше время.

дойти к самим предметам, при чем каждый из них представляет свои новые и особые трудности совсем иного порядка, чем те, с какими имеет дело ученый, черпающий материал для своей работы из книг. И при этом как раз больше всего времени и труда тратится в большинстве случаев на вещи второстепенные, имеющие лишь отдаленную связь с целью исследования.

Нам нужно бывает то изучать ошибки приборов, устранять их или, где этого сделать нельзя, стараться уничтожить их влияние на результаты исследования: в другой раз мы должны улавливать удобный момент, чтобы наблюдать организм в состоянии, необходимом для нашего исследования. Иногда, уже во время самого исследования, мы усматриваем незамеченные раньше возможные погрешности, искажающие результаты, или, быть может, заставляющие только подозревать такое искажение, и вот мы принуждены несколько раз начинать нашу работу сызнова, пока не будет устранена всякая тень подозрения. И только, когда наблюдатель так увлечется предметом своих исследований, что в течение многих недель, месяцев и даже лет не в состоянии будет оторваться от него, пока не овладеет всеми мелочами и не уверится во всех тех выводах, какие в данную минуту возможно сделать, только тогда появляется действительная и ценная работа. Каждому из вас, вероятно, известно, что при хорошем исследовании несравненно больше времени уходит на подготовительную работу, на изучение возможных ошибок и особенно на разграничение достижимых в данную минуту результатов от недостижимых, чем собственно нужно для производства окончательных наблюдений или опытов. Чтобы справиться с каким-нибудь неподатливым куском стекла или латуни, очень часто требуется больше остроумия и вдумчивости, чем для составления плана всего исследования. Каждому из вас знакомо то нетерпеливое возбуждение при работе, когда все мысли вращаются в тесном круге вопросов, маловажных и пустых на взгляд постороннего, потому что он не знает цели, для которой эта временная работа должна служить только преддверием. Думаю, что не ошибаюсь, рисуя в таком виде работу и душевное состояние, приводившее к достижению тех великих результатов, которым наши науки обязаны своим столь быстрым развитием после долгой остановки и могущественное влияние которых распространилось на все стороны человеческой жизни.

Поэтому, во всяком случае, период работы — не время для поисков всеобъемлющего кругозора. Конечно, раз все препятствия счастливо преодолены и результаты прочно установлены, наступает по самому существу дела некоторый отдых, и ближайший интерес сосредоточивается уже на определении степени значения только что установленных фактов и на том, чтобы наконец опять в более широкой перспективе бросить взгляд на области, связанные с ними. Это так же необходимо, и только тот, кто способен на это, может надеяться, что у него и впредь будут плодотворные исходные точки для последующих работ.

За первой работой следуют дальнейшие, относящиеся к другим предметам. Но и в последовательном ряде своих различных работ каждый исследователь не должен уклоняться далеко от более или менее узко ограниченного направления: для него важно не только то, что он собрал сведения, относящиеся к области исследований, из книг. Конечно, человеческая память необычайно вынослива и может воспринять невероятную массу учености. Но естествоиспытатель нуждается не только в знаниях, почерпнутых им из книг и лекций, ему необходимы еще и такие, которые может дать только разностороннее и внимательное восприятие при помощи внешних чувств; ему нужны навыки, приобретаемые только часто повторяемыми опытами и долгой практикой. Его органы чувств должны быть изощрены для известного рода наблюдений, для восприятия тонких различий в форме тел, в их окраске, твердости, запахе и т. д. его рука должна иметь навык производить то работу кузнеца, слесаря и столяра, рисовальщика или скрипача, то, если он работает с микроскопом, превосходить кружевницу в умении обращаться с иглой. В других случаях он должен обладать мужеством и хладнокровием солдата, когда ему приходится иметь дело с могучими разрушительными силами или когда он должен производить кровавые операции то над людьми, то над животными. Такие способности и качества, частью данные уже от природы, а частью достигнутые или изощренные долголетней практикой, не приобретаются так скоро и в таком большом количестве, как это возможно в том случае, когда дело сводится лишь к обогащению памяти знаниями: и именно поэтому отдельный исследователь принужден выбирать даже для целого ряда работ, наполняющих всю его жизнь, подходящее ограниченное поле и не выходить из круга, соответствующего его способностям.

Но мы не можем не сознаться, что чем более отдельный исследователь принужден суживать поле своей работы, тем более чувствует он внутреннюю потребность сохранить ее связь с целым. Откуда же почерпнет он силу и бодрость для своей тяжелой работы, в чем найдет он уверенность, что его труд не пройдет бесполезно, но сохранит длительную ценность, если он не будет поддерживать в себе убеждение, что и им положен один из камней в великое здание науки, которая должна подчинить неразумные силы природы и заставить их служить нравственным целям человечества.

Конечно, при отдельных исследованиях обычно не приходится заранее ожидать от них непосредственной практической пользы, хотя практическими применениями результатов естествознания преобразована вся жизнь современного человечества. Но обыкновенно возможность этих применений обнаруживается случайно там, где это меньше всего предполагали; погоня же за ними не приводит обыкновенно ни к какой цели, если заранее не иметь для этого очень надежной близкой точки опоры, благодаря которой все дело сводится лишь к устранению отдельных препятствий к практической

ческому их выполнению. Рассматривая историю важнейших изобретений, мы видим, что они были сделаны, особенно в древнейшее время, или работниками и ремесленниками, которые, занимаясь в продолжение всей своей жизни работой только одного рода, то благодаря счастливой случайности, то ощунью сотни раз повторяя один и тот же опыт, находили новые, лучшие приемы в своей работе. Или,—и это собственно имело место в большинстве случаев при новейших изобретениях,—они являются плодом глубокого научного знакомства с соответствующим предметом, при чем знакомство это приобреталось всегда не в расчете на возможную практическую его пользу, а ради достижения научной полноты в области общего познания.

Съезд естествоиспытателей является как раз представителем всей совокупности наших наук. Здесь сошлись сегодня математик, физик и химик с зоологом, ботаником и теологом, преподаватель науки с врачом, техником и дилеттантом, которые интересуются естественными науками ради отдыха от других занятий. Каждый надеется найти здесь поощрение для своих специальных работ и добиться признания, что его работа способствовала созиданию большого целого, чего вряд ли он достигнет иным путем, особенно живя где-нибудь в глуши: каждый надеется также в беседе с коллегами, более или менее близко стоящими к его специальности, найти себе предмет для новых изысканий. Мы видим здесь, к нашей радости, большое количество присутствующих из круга образованных людей и замечаем среди них даже влиятельных государственных деятелей. Все они участвуют в наших работах: они ожидают от нас дальнейших шагов на пути развития цивилизации и новых побед в борьбе с силами природы. Они обязаны доставлять внешние средства для наших работ, они и в праве потребовать от нас отчета о результате этих работ. Поэтому мне кажется желательным именно здесь, в этом собрании дать отчет об успехах естествознания вообще, о целях, к которым оно стремится, и о том, насколько оно подвинулось к этим целям. Подобный отчет желателен: но что отдельный человек едва ли будет в состоянии разрешить эту задачу, хотя бы только приблизительно, можно заключить из сказанного выше. В оправдание моего сегодняшнего присутствия здесь для выполнения такой возложенной на меня задачи сошлюсь лишь на то, что никто другой не рискнул взяться за нее; мне же казалось, что хотя бы наполовину удачная попытка разрешить ее будет все же лучше, чем ничего. Кроме того, физиолог, может быть, более других обладает непосредственными основаниями для выработки себе известного ясного представления о целом. Ибо при современном положении вещей именно физиология особенно призвана прибегать к помощи всех других отраслей естествознания и оставаться с ними в связи. Именно в физиологии ярче всего сказалось значение крупных успехов, о которых я намерен говорить, а некоторые из наиболее выдающихся между ними тоже вызывают спорными вопросами в области физиологии.

Если в моем изложении будет много пробелов, то я прошу снисхождения отчасти ввиду громадности моей задачи, отчасти ввиду того, что настоятельное приглашение уважаемых распорядителей этого съезда пришло ко мне очень поздно и во время летнего отдыха в горах. Во всяком случае, мои пробелы будут достаточно пополнены в заседаниях секций.

Итак, обратимся к нашей задаче. Раз мы собрались говорить об успехах естествознания вообще, то перед нами прежде всего встает следующий вопрос: каким критерием мы должны оценивать эти успехи.

Для непосвященного эта наука представляется собранием необозримого и пестрого множества отдельных частных фактов, из которых одни отличаются своей практической полезностью, другие, как диковинки, являются предметом удивления. Но при таком хаосе несвязанных друг с другом частных фактов, даже если бы нахождение каждой из них, в случае надобности, было облегчено систематическим их распределением, как это сделано в системе растений Линнея или в энциклопедических словарях, подобное знание не заслуживало бы имени науки и не удовлетворяло бы ни научным потребностям человеческого духа, ни требованию прогресса в господстве человека над силами природы. Ибо первое требует ясно охватываемой умом связи знаний, второе же — предвидения последствий в еще неизвестных случаях и при условиях, которые мы намерены впервые вызвать нашими действиями. Но все это, очевидно, достигается только при помощи знаний *законов* явлений.

Ценны не отдельные наблюдаемые факты и опыты сами по себе, как бы ни было неизмеримо велико их число; как практическую, так и теоретическую ценность они приобретают лишь благодаря тому, что дают возможность узнать закон целого ряда однородных повторяющихся явлений или, быть может, только отрицательно показывают, что знание такого закона, считавшееся до этого момента полным, было в действительности неполным. При строгой и всюду распространенной закономерности в явлениях природы, конечно, при известных условиях, бывает достаточно уже одного наблюдения какого-нибудь соотношения, принимаемого нами за строго закономерное, чтобы на основании его с высшей степенью вероятности установить некоторое общее правило; так, например, найдя полный скелет одной отдельной первобытной особи, мы считаем полным и наше понятие о скелете всего данного вида животных. Но и в данном случае мы должны иметь ввиду, что и здесь отдельное наблюдение имеет цену не само по себе, но только потому, что оно даст нам знание закономерной правильности в строении тела целого вида организмов. Таким же образом важно знание удельной теплоты одного только маленького кусочка нового металла, так как нам не приходится сомневаться, что всякий другой кусок того же металла, будучи подвергнут исследованию подобным же способом, обнаружит такие же свойства.

Знати закон явлений, значит не понять. В самом деле, закон есть всеобщее понятие, под которое можно подвести ряд однородно протекающих явлений природы. Как в понятии о млекопитающем мы объединяем все то, что обще человеку, обезьяне, собаке, льву, зайцу, лошади, киту и т. д., так в законе преломления мы объединяем все то, что находим правильно повторяющимся каждый раз, когда какой-либо луч света какого-нибудь цвета преломляется в каком-либо направлении через пограничную поверхность каких-либо двух прозрачных сред.

Но закон природы представляет не только логическое понятие, которое мы составили себе, как нечто вроде мнемотехнического вспомогательного средства, чтобы лучше удерживать в памяти факты. Современные люди настолько стали проникательны, что понимают, что законы природы не являются чем-то таким, что мы могли бы, быть может, придумать путем умозрения. Напротив, мы должны *открывать* их в фактах и проверять на все чаще поворотам наблюдений и опытах, на все новых единичных случаях, при постоянно изменяемых условиях; и наше доверие к их достоверности будет возрастать только по мере того, как они неизменно будут выдерживать испытание при все возрастающем разнообразии условий, при все большем числе случаев и при все более точных средствах наблюдения.

Таким образом законы природы являются для нас чуждой силой, мы не можем выобрать их произвольно и устанавливать их в нашем мышлении, как это бывает при выработке различных систем классификации животных и растений, где мы преследуем только мнемотехническую цель—запомнить все их названия ¹⁾.

Познав какой-нибудь закон природы, мы должны выставить требование приложимости его ко всем без исключения случаям, что и будет признаком его правильности. Если все условия, необходимые для действия закона, наступили, то и результат его должен сказаться без произвола, без выбора и без нашего содействия, с необходимостью, одинаково принудительной как для

¹⁾ Правильная точка зрения, отчетливо выраженная, что закон природы есть отражение в нашем сознании объективных отношений между явлениями независимо от нашего сознания. Сходно с этим также определение закона природы у Дарвина, указывавшего, что под законом он разумеет „удостоверенную опытом последовательность явлений“. Это—точка зрения, которой инстинктивно придерживаются исследователи. Мах и его последователи как будто придают особенно важное значение законам природы, так как Мах утверждает, что „законы природы и лишь одни они суть субстанции“. Но эти „субстанции“, оказывается, представляют не что иное, как выражение зависимости между „элементами“ или целыми их „комплексами“. А „элемент“ есть ощущение—и не более того! Так, последователь Маха, проф. Шарвин, излагая идеи Маха, пишет: „предметы не вызывают ощущения, а сами представляют более или менее устойчивые и связные комплексы ощущений-элементов“. И далее: „однако, при отсутствии всех ощущений, предмета для нас более не существует“ (!) „Как создается наука“ (Воззрения Э. Маха) М., 1922, стр. 23.

объектов внешнего мира, так и для нашего восприятия. Таким образом закон выступает перед нами как некоторая объективная принудительная сила, и поэтому мы признаем его силу.

Так, например, мы объективируем закон лучепреломления в виде силы лучепреломления прозрачного вещества; закон химического избирательного сродства—в виде силы сродства различных веществ друг к другу¹⁾. В этом смысле мы говорим об электродвижущей силе соприкосновения металлов, о силе прилипания, о капиллярных силах и других. Эти названия носят законы, охватывающие только небольшой ряд явлений природы, условия которых еще довольно неясны. С таких названий должно было начаться образование понятий в естественных науках, пока нельзя было перейти от нескольких хорошо знакомых более специальных законов к более общим. При этом главным образом необходимо было стараться устранить случайности формы и пространственного размещения, какие могли обнаружиться в совместно действующих массах; это достигалось тем, что из явлений, наблюдаемых в больших видимых массах, выводились законы действия незримо малых частиц этих масс, т.-е., выражаясь объективно, тем, что силы сложных масс разлагались на отдельные силы мельчайших простейших частиц их. Но как раз из полученной таким путем простейшей формы выражения силы, именно из выражения механической силы, действующей на некоторую материальную точку, ясно вытекает, что сила есть объективированный закон действия. Сила, определяемая наличием тех или других тел, приравнивается ускорению, сообщенному массе, на которую она действует, умноженному на самую массу. Фактический смысл этого равенства заключается в следующем законе: присутствие таких-то и таких-то масс, при отсутствии всех прочих, вызывает такие-то и такие-то ускорения отдельных точек этих масс. Это положение может быть сопоставлено с фактами и на них проверено. Вводимое нами отвлеченное понятие силы дополняет это положение лишь в том смысле, что закон этот не придуман нами произвольно, но что он обнаруживается в самых явлениях природы, как нечто безусловно необходимое.

Таким образом, наше требование *понять* явления природы, т.-е. найти управляющие ими *законы*, может быть сформулировано иначе: наша задача сводится к отысканию *сил*, служащих *причинами* явлений. Закономерность природы понимается как причинная связь явлений, раз признана независимость этой связи от нашей воли и нашей мыслительной деятельности.

Поэтому, если мы ставим вопрос о прогрессе естествознания в его целом, то мы должны оценивать этот прогресс в зависимости

¹⁾ Устарелое, расплывчатое применение термина „сила“. В настоящее время (см. напр., учебник Г. А. Лорентца) делается оговорка, что в одном только случае, именно в учении об электричестве, применяется теперь в выражении „электродвижущая сила“ слово сила не в том смысле, как оно окончательно установлено в механике.

от того, насколько углубилось сознание необходимости установления причинной связи, охватывающей все явления природы, и фактическое знание этой связи.

Если обратимся к истории наших наук, то первый крупный пример подчинения обширной области разнородных фактов одному общему закону мы найдем в теоретической механике, основные понятия которой впервые ясно установил Галилей. Вопрос заключался тогда в том, чтобы найти всеобщие законы, кажущиеся нам теперь сами собой понятными, а именно, что всякая масса инертна и что величина силы измеряется не скоростью, а изменением скорости. Действие беспрерывно влияющей силы представляли себе сначала как ряд маленьких толчков. Только когда Лейбниц и Ньютон открытием дифференциального исчисления рассеяли мрак, окутывавший понятие бесконечности, и выяснили понятие непрерывного и непрерывно изменяющегося,—тогда только можно было перейти к богатому и плодотворному применению вновь открытых механических понятий. Самым подходящим и блестящим примером подобного применения представлялось изучение законов движения планет, и я должен только напомнить о том, каким ярким образом стала, для развития всех других естественных наук, астрономия. В ней, благодаря теории тяготения, огромная и запутанная масса явлений впервые была объединена одним весьма простым принципом и было достигнуто такое соответствие теории и фактов, какое не могло быть установлено ни раньше, ни позже в какой-либо другой области. Из потребностей астрономии возникли почти все точные способы измерения, а также была достигнута и большая часть успехов новейшей математики; астрономия обратила на себя внимание даже и людей, стоящих в стороне от научного движения, отчасти благодаря возвышенности трактуемого ею предмета, отчасти благодаря той пользе, какую она приносила мореплаванию, геодезии и, таким образом, большей части промышленных и социальных интересов.

Галилей начал с изучения тяжести, наблюдаемой на земле, Ньютон распространил принцип тяжести сначала осторожно и неуверенно на луну, а затем смелее и на все планеты. Новейшее время показало, что те же законы инерции и тяготения, общие всякой весомой массе, определяют собою пути даже самых отдаленных двойных звезд, какие только доступны нашему наблюдению.

Во второй половине прошлого и в первой половине текущего столетия к этому присоединилось широкое развитие химии, фактически разрешившей, наконец, старейший вопрос о разыскании элементов, вопрос, с которым связана такая масса метафизических мудрствований; и как всегда в таких случаях действительность оказывается богаче, чем самые смелые и фантастические предположения, так и тут вместо четырех прежних метафизических элементов: огня, воды, воздуха и земли явились элементы новейшей хи-

нии, число которых впоследствии возросло до 65 ¹⁾). Наука доказала, что эти элементы действительно неразрушимы, постоянны в отношении массы и свойств, поскольку они, будучи приведены в любое соединение, могут быть снова выделены из него с сохранением тех самых свойств, какими они обладали когда-либо раньше в свободном состоянии ²⁾). Во всей пестрой смене явлений как одушевленной, так и неодушевленной природы, поскольку эти явления доступны нашему изучению, во всех поразительных результатах химических процессов разложения и соединения, число и разнообразие которых наши химики с неунынным прилежанием увеличивают из года в год, везде господствует с одинаковой, не имеющей исключений обязательностью один закон *неизменяемости материи*. Вооруженная спектральным анализом химия, проникнув в глубину неизмеримых пространств, уже открыла на самых отдаленных небесных светилах и космических туманностях следы элементов, хорошо знакомых на земле. Этим путем устраняется сомнение в тождественности веществ, наполняющих вселенную, чему, во всяком случае, не противоречит то обстоятельство, что некоторые элементы встречаются только на определенных группах небесных тел ³⁾).

Из такого постоянства элементов можно сделать другой, более широкий вывод. Фактическими исследованиями химия доказала, что всякая масса составлена из элементов, ею найденных. Элементы могут вступать в различные соединения и смеси между собой, могут всячески изменять свое агрегатное состояние или молекулярное строение, т.-е. могут изменять свое размещение в *пространстве*. Но по своим *свойствам*, наоборот, они являются совершенно неизменяемыми; т.-е., если их изолировать или перевести в прежнее соединение или в прежнюю смесь, то они обнаруживают и все те свойства, какими обладали раньше. Но раз свойства, присущие всем элементам, неизменны, а изменяются только способы их смещения, их агрегации, т.-е., их размещение в пространстве, то отсюда следует, что всякое изменение в мире сво-

¹⁾ Число элементов, считая изотопы радиоактивных продуктов распада, а также изотопы других элементов, открытые Астоном, в настоящее время более 100.

Прим. ред.

²⁾ Удивительно осторожное выражение. „Эти элементы действительно неразрушимы, постоянны в отношении массы и свойств, поскольку они, будучи приведены в любое соединение, могут быть снова выделены из него с сохранением тех самых свойств“ и т. д. С такой оговоркой это утверждение сохраняет силу и сейчас, так как разложение атома было достигнуто способами, какими химики не располагали и не располагают и сейчас в своих лабораториях обычного типа.

Прим. ред.

³⁾ Значительно спустя после прочтения Гельмгольцем этой речи, в 90-х гг. XIX века было установлено присутствие на земле газа гелия, дающего те же спектральные линии, какие ранее были найдены в спектрах солнца, звезд и туманностей.

Прим. ред.

дится к изменению относительного расположения элементов в пространстве, и это изменение в последнем счете достигается движением ¹⁾).

Если же движение есть первоначальное изменение, лежащее в основе всех других изменений в мире, то все элементарные силы суть силы движущие, и поэтому конечная цель естественных наук заключается в нахождении и изучении движений, лежащих в основе всех других изменений, а также причин, вызывающих эти движения, т.-е. в сведении к механике.

Если это и представляет, очевидно, последний вывод из доказанного качественного и количественного постоянства материи, то он все-таки остается только идеальным требованием, от осуществления которого мы еще очень далеки. Пока только в ограниченной области удалось свести непосредственно наблюдаемые изменения к движениям и движущим силам определенного рода. Кроме астрономии, здесь можно еще назвать чисто механические отделы физики; затем оптику, акустику и учение об электричестве; в учении о теплоте и в химии идет усердная работа над выработкой определенных представлений о форме движения и о пространственном расположении молекул; в физиологических науках этот путь едва только намечен в весьма неопределенных чертах²⁾).

Тем большее значение имеет тот факт, что в течение последней четверти столетия сделан значительный и имеющий всеобщее значение шаг вперед по направлению как раз к указанной цели. Если все первоначальные силы суть движущие и, следовательно, все одинаковой природы, то все они могут быть измеряемы одной мерой, именно мерою механических сил. А что это на самом деле так, можно считать уже доказанным. Выражающий это закон известен под именем *закона сохранения силы* ³⁾).

Для ограниченного круга явлений природы этот закон был высказан еще Ньютоном; затем, в более общей и определенной форме, Бернулли, после чего была признана его приложимость для большей части известных чисто механических явлений. Некоторые обобщения сделаны попутно, а именно в работах Румфорда, Гумфри Дэви, Монгольфье. Первым, составившим себе отчетливое и ясное представление об этом законе и отважившимся высказать его абсолютно всеобщее значение был доктор Роберт Майер из Гейльсбронна. Тогда как г. Майера на открытие самой общей формы этого закона навели физиологические вопросы, независимо от него и с

¹⁾ В настоящее время доказано превращение элементов, но эти превращения [атомов состоят в перемещении частей, из которых построены атомы.

Прим. ред.

²⁾ В конце концов ведь и современная электромагнитная механика есть тоже учение о движении.

Прим. ред.

³⁾ Мы теперь сказали бы— „закон сохранения энергии“.

Прим. ред.

ним одновременно Джауль в Манчестёре пришел к тому же выводу, занимаясь чисто техническими вопросами машиностроения. Именно Джаулю мы обязаны важными и трудными опытными исследованиями в той области, где значение закона сохранения силы могло казаться наиболее сомнительным и где имелись важнейшие пробелы наших фактических знаний, а именно в вопросах о превращении теплоты в работу и работы теплоту.

Чтобы ясно установить этот закон, надо было, в противоположность раньше принятому Галилеем понятию *напряженности* силы, выработать новое механическое понятие, которое мы можем назвать *количеством силы*; ему дали также название *количества работы*, или *энергии*.

Это понятие количества силы было подготовлено частью в теоретической механике понятием *количества живой силы движущейся массы*, частью в практической механике понятием *движущей силы*, необходимой для непрерывности действия машины. С другой стороны, определяя, сколько фунтов данной силой может быть поднято на высоту одного фута в секунду времени, механики установили и меру, какую следует измерять каждую двигательную силу. Так, напр., лошадиная сила определяется как сила, равная двигательной силе, необходимой для поднятия 75 килограммов на 1 метр в 1 секунду.

И в самом деле, однородность всех сил природы, выражаемая в законе сохранения силы, в наиболее доступной для всех форме обнаружилась в машинах и в необходимых для приведения их в движение двигательных силах. Всякая машина, которую нужно привести в действие, нуждается в механической движущей силе. Откуда бы ни взять эту движущую силу и какую бы форму она ни имела.—совершенно безразлично, лишь бы она была достаточно велика и действовала непрерывно. Мы пользуемся то паровой машиной, то гидравлическим колесом, то турбиной, то лошадьми, то волами в рудоподъемной машине, то ветряной мельницей или, когда нужна небольшая сила, человеческими руками, поднятыми грузами или электромагнитною машиною. Которую из этих движущих сил нам выбрать, это определяется только величиною необходимой нам силы и выбором наиболее благоприятных условий. В водяных мельницах действует тяжесть ниспадающей с гор воды. Этот запас воды доставляется на горы метеорологическими процессами, которые и являются источником движущей силы для мельницы. В ветряных мельницах движущей силой служит живая сила воздуха, приводящая в движение крылья; эта сила есть также результат метеорологических процессов в атмосфере. В паровой машине движущей силой служит упругость разогретого пара, толкающего поршень взад и вперед; упругость эта—результат тепла, развивающегося при горении угля в топке, т.-е. результат химического процесса. Последний и является здесь источником движущей силы. При непосредственной же работе лошади или человеческих рук механическую силу создают непосредственно их мускулы,

возбужденные нервами. Но чтобы живое тело могло развивать мускульную силу, оно должно питаться и дышать. Воспринимаемые им питательные вещества, образовав в соединении с кислородом вдыхаемого воздуха углекислоту и воду, снова выделяются из него. Таким образом здесь опять-таки необходим химический процесс для постоянного поддержания силы мускулов. То же самое имеет место и в электромагнитных машинах наших телеграфов.

Так, самыми разнообразными способами добываем мы необходимую движущую силу из самых разнообразных процессов природы, но — это необходимо теперь же заметить — всегда только в ограниченном количестве. Мы при этом каждый раз расходуем некоторое количество того, что дала нам природа. Так, в водяной мельнице мы расходуем некоторое количество воды, собранной на высоте, уголь — в паровой машине, цинк и серную кислоту — в гальванической батарее, питающей электромагнитный двигатель, питательные вещества — в работающей лошади; в ветряной мельнице мы расходуем движение ветра, задерживаемое сопротивлением ее крыльев.

Наоборот, имея в своем распоряжении какую-либо движущую силу, мы можем с ее помощью достигнуть разнообразных действий. Мне не приходится перечислять здесь несметное разнообразие промышленных машин и производимую ими разнообразную работу.

Обратим лучше наше внимание на физические различия возможных результатов действия движущей силы. При помощи ее мы можем поднимать тяжести, накачивать насосом воду, сжимать газы, приводить в движение поезда железной дороги, трением производить теплоту. Мы можем пользоваться ею для приведения во вращение электромагнитной машины; последняя дает электрический ток, разлагающий воду или обладающие самым сильным сродством друг к другу другие химические соединения, раскаляющий проволоку, намагничивающий железо и т. д.

Таким образом, имея в своем распоряжении достаточный запас движущей силы, мы можем снова воспроизвести все те условия и состояния, которые были источником добытой нами движущей силы.

Но так как определенный совершающийся в природе процесс может дать только ограниченное количество движущей силы, то, с другой стороны, ограничена и та сумма изменений, какую мы можем произвести при пользовании определенной движущей силой.

Эти наблюдения, установленные сначала отдельно на машинах и физических приборах, могут быть теперь объединены в один закон природы, имеющий самое обширное значение. Каждое изменение в природе равносильно возникновению или потреблению некоторого количества движущей силы. Если вызывается появление движущей силы, то она может обнаружить себя или в своей собственной форме или может быть тотчас же израсходована с целью вызвать другие какие-либо изменения эквивалентной величины. Важнейшие определения этого эквивалента основаны на произведенных Джау-

лем измерениях механического эквивалента теплоты. Если мы приведем паровую машину в движение при помощи теплоты, то потраченное при этом количество теплоты будет пропорционально произведенной работе. А именно, теплота, которая может нагреть один килограмм воды на 1 градус Цельсия, способна, превращаясь в работу, поднять то же самое весовое количество воды на высоту 425 метр. Обратно, когда мы трением превращаем работу в тепло, работа, необходимая для нагревания воды на 1° Ц., представляет ту работу, какую произвело бы то же самое количество воды при низвержении с высоты 425 метр. Химические процессы развивают тепло в определенной пропорции: этим обусловлена эквивалентная химическим силам движущая сила. Отсюда энергия силы химического сродства может быть измерена механической мерой. То же самое приложимо и ко всем другим формам сил природы,

Итак, действительно, в результате соответствующих исследований оказывается, что все силы природы могут быть измерены одною и той же механическою мерою: все они, в отношении их работоспособности, эквивалентны чисто механическим силам. В этом заключается первый значительный шаг по пути к разрешению обширной теоретической задачи — свести все явления природы к движению.

Приведенными до сих пор рассуждениями имелось главным образом ввиду выяснить логическое достоинство закона сохранения силы. Его фактическое значение для всеобщего понимания процессов природы сказывается в величественной связи, устанавливаемой им между всеми явлениями во вселенной, независимо от пространства и времени. Согласно этому закону вселенная является хранилищем некоторого запаса энергии, который не может быть ни увеличен, ни уменьшен никаким процессом из всего пестрого разнообразия процессов природы. Запас этот сохраняется неизменным по количеству, как неизменным остается количество материи в постоянном круговороте явлений; он действует в пространстве, но в противоположность материи, неделим в пространстве ¹⁾.

Всякое изменение в мире состоит только в изменении формы проявления этого запаса энергии. Энергия является то в форме живой силы движущихся масс, то в форме правильных колебаний, как, напр., в световых и звуковых явлениях, то в форме теплоты, как некоторое пестрое движение невидимых мельчайших частиц тела, то в форме тяготения масс друг к другу, то как внутреннее давление и напряжение упругих тел, то как химическое сродство, электрический заряд или магнитное распределение. Исчезая в одной форме, она непременно возникает в другой: и там, где мы наблюдаем появление энергии в новой форме, мы можем быть уверены, что она израсходована в другой форме.

¹⁾ В последнее время учение о „квантах“ как раз и принимает „атомное“ распределение энергии в целом ряде прочно установленных случаев.

Мало того, исправленный Клаузиусом закон механической теории теплоты, известный под именем закона Карно, гласит, что эта перемена совершается постоянно в определенном направлении, при чем все большая и большая часть запаса мировой энергии принимает форму тепла.

Обратимся мысленно к тому первоначальному состоянию, когда масса, из которой образовались мировые тела, еще холодная, была распределена во вселенной, вероятно, в хаотической форме пара или пыли. Понятно, что она должна была нагреваться, сгущаясь под влиянием тяготения в одно целое. И теперь еще, посредством спектрального анализа (метода, теоретические принципы которого также вытекают из механической теории теплоты), мы открываем остатки неплотно распределенной материи в пятнах туманностей, в массе метеоров и кометах. Процессы сжатия небесных тел и развития теплоты еще продолжаются, хотя в близкой к нам области вселенной они почти повсеместно закончились. Большая часть прежней энергии той массы, из которой образовалась наша солнечная система, существует в настоящее время в форме солнечного тепла. Но не вечно сохранит наша система эту энергию: она непрерывно излучается в бесконечное пространство вселенной в виде света и тепла. При этом процессе лучеиспускания и наша земля получает свою долю тепла. С другой стороны, притекающая на землю в виде лучей солнечная теплота дает на поверхности земли начало ветрам и морским течениям, поднимает из тропических морей пары, которые, сгустившись и просочившись через почву и горы, в виде источников и потоков втекают обратно в моря ¹⁾. Лучи солнца дают растениям силу образовывать вновь из углекислоты и воды горючие вещества, служащие пищей животным. Таким образом все пестрое разнообразие явлений органической жизни сводится к действиям сил, вечным источником которых служит неисчислимо богатый запас мировой энергии.

Эта величественная картина связанных воедино явлений природы была в новейшее время изображаема неоднократно: поэтому я привожу ее теперь только в главных чертах. Если задача естествознания сводится к нахождению законов, то действительно здесь сделан весьма важный шаг вперед.

Только что упомянутое приложение закона сохранения силы к явлениям, происходящим в мире животных и растений, приводит нас еще к другой области, в которой познание закономерности природы сделало большие успехи. Дело в том, что упомянутый закон имеет существенное значение также и в принци-

¹⁾ Это место речи Гельмгольца, прочитанной в 1869 году, не мешало бы прочесть академику Л. С. Бергу, считающему и по сей день, что в неживой природе тепло не переходит в работу, и основывающему на этом допущении „определение живого организма“. Эта в научном отношении вопиющая безграмотность красуется на первой странице его книги „Номогенез или Эволюция на основе закономерностей“ Госиздат 1922 г.

ниальных вопросах физиологии. Этим объясняется, почему именно занятия физиологией натолкнули Роберта Майера, да и меня самого, на исследования, относящиеся к закону сохранения силы.

Что касается основных положений рассматриваемого метода, то в области неорганической природы по отношению к нему давно уже не было никаких сомнений. Было ясно, что цель заключается в отыскании неизменных законов явлений, и не было недостатка в примерах, указывающих, что такие законы действительно могут быть найдены.

Существование незыблемой закономерности могло однако показаться сомнительным среди величайшей сложности явлений животной жизни, их связи с душевной деятельностью и несомненной целесообразностью органических форм. И действительно, физиология издавна билась над принципиальными вопросами: все ли жизненные явления абсолютно закономерны, или есть больший или меньший круг их, в котором господствует свобода. Было распространено да еще и теперь, вне Германии, распространено более или менее прикрытое неясными словами воззрение Парацельса, Гельмонта и Сталля, что органическими явлениями управляет „живая душа“, обладающая более или менее теми же качествами, как сознательная душа человека. Правда, влияние неорганических сил природы признавалось также и по отношению к организмам: полагали, что живая душа может управлять материей только при посредстве физических и химических сил самой материи и поэтому не может ничего произвести без их помощи; но она обладает способностью по своему усмотрению связывать или освобождать эти силы.

По наступлении смерти, не связанные уже больше влиянием живой души или жизненной силы, эти химические силы органической массы обуславливают гниение. В конце концов, называли его „Archaeus“ (архей) или „Anima inscisa“ (бессознательная душа), или жизненной силой, или целительной силой природы, существеннейшим атрибутом этого господствующего гипотетического начала виталистической теории, которому „душа“ есть единственное подходящее название, оставалась его способность целесообразно строить органические тела и приспособлять их к внешним условиям ¹⁾.

Ясно, однако, что такого рода представление прямо противоречит закону сохранения силы. Если бы эта жизненная сила могла временно уничтожить тяжесть какого-нибудь груза, то груз этот можно было бы поднять на любую высоту без затраты работы, а затем, после восстановления действия тяжести, груз мог бы произвести любое количество работы. Таким образом указалось бы, что можно создать работу из ничего без соответствующей затраты другой энергии. Если бы эта жизненная сила могла временно уничтожить химическое сродство углерода к кислороду, то угле-

¹⁾ Ясная и определенная точка зрения на витализм, как на нечто несовместимое с наукой. *Прим. ред.*

кислоту можно было бы разлагать без затраты работы, после чего свободный кислород и углерод могли бы произвести новую работу.

В действительности мы однако нигде не находим следов того, чтобы живой организм мог произвести какое-либо количество работы без соответствующей затраты. Если мы примем во внимание только производство работы, то работа, производимая животными организмами, совершенно подобна работе паровых машин. Животные, подобно машинам, могут двигаться и работать только тогда, когда они постоянно получают материал для горения (именно питательные вещества) и воздух, содержащий в себе кислород: как машины, так и животные выделяют затем принятые вещества в сгоревшем состоянии, развивая при этом теплоту и работу. Имеющиеся до сих пор исследования относительно количества теплоты, развиваемой животным организмом в состоянии покоя, также вовсе не противоречат допущению, что эта теплота строго эквивалентна работе ¹⁾, произведенной действующей в данном случае силой химического средства.

Жизнедеятельность растений находит во всяком случае достаточно богатый источник силы в лучах солнца, необходимых им для увеличения материала, из которого построен их организм. Но чтобы фактически доказать строгое соответствие этих обеих величин как для растений, так и для животных, следует еще предпринять точные количественные исследования эквивалентов расходуемых и производимых ими сил.

Но если закон сохранения силы имеет место и по отношению к живым существам, то из этого следует, что физические и химические силы веществ, затраченных на их построение, действуют без перерыва и без произвола и что их строгая закономерность не нарушается ни на одно мгновение.

Итак, физиология и в исследовании жизненных явлений должна была считаться с безусловною закономерностью сил природы; она должна была с напряженным вниманием следить за физическими и химическими процессами, происходящими внутри организмов. Это—чрезвычайно сложная и кропотливая работа, но за нее бодро взялось уже много работников, и можно сказать, что труды их не остались бесплодными: понимание жизненных явлений в последние 40 лет сделало большие успехи, чем перед этим в два тысячелетия.

Описательное естествознание, благодаря дарвиновской теории последовательного развития органических форм, много способствовало уяснению основных принципов учения о жизни. Этой теорией дана была возможность совершенно нового толкования целесообразности, наблюдаемой в мире живых организмов.

¹⁾ В настоящее время применение закона сохранения энергии подтверждено блестяще обставленными опытами Атвотера в Америке со специальными калориметрами-комнатами, в которых можно изучать расходование человеком энергии при различного рода его деятельности.

В высшей степени удивительная и все более и более выясняющаяся, по мере развития науки, целесообразность в строении и жизненных отправлениях живых существ была, вероятно, главным мотивом, приводившим к объяснению жизненных явлений участием в них начала, действующего на подобие души. Во всем окружающем нас мире мы знаем только один ряд явлений, носящих подобный характер. Это—поступки и действия разумного человека; и мы должны признать, что в бесконечном множестве случаев органическая целесообразность в такой степени превосходит способности человеческого разума, что мы склонны отнести ее к действиям скорее высшего, чем низшего порядка.

Поэтому до времени Дарвина были возможны только два объяснения органической целесообразности, которые оба в конце концов приводили опять-таки к участию разума в ходе процессов природы. Исходя из виталистической теории, жизненные процессы рассматривались как постоянно направляемые живой душой: или происхождение всякого вида живых организмов объяснялось действием сверхъестественного разума. Правда, последнее воззрение допускало только в сравнительно редких случаях нарушение закономерной связи в явлениях природы и этим самым делало возможным строго-научное отношение к явлениям, наблюдаемым в настоящее время среди существующих ныне видов живых существ. Однако и оно все-таки не было в состоянии вполне устранить эти нарушения и потому вряд ли представляло какие-нибудь существенные преимущества по сравнению с виталистической теорией; последняя находила очевидную поддержку в естественном стремлении найти для одинаковых явлений одинаковые причины.

Теория Дарвина содержит существенно новую творческую мысль ¹⁾. Она показывает, каким образом целесообразность в образовании организмов может возникнуть без вмешательства разума, при помощи слепого действия закона природы. Это есть закон перехода из рода в род индивидуальных особенностей от родителей к потомкам, — закон, давно известный и признанный, ожидавший только более определенной обработки. Если оба родителя обладают одинаковыми индивидуальными особенностями, то последние переходят и к большинству потомков; если при этом некоторые из потомков и обладают этими особенностями в более слабой степени, зато у других,—и число последних, обыкновенно, значительнее,—они, наоборот, выступают резче. Если поэтому для разведения породы пользоваться преимущественно последними, то может быть достигнуто и закреплено за потомством все возрастающее усиление этих особенностей. На практике этим пользуются садоводы и животноводы при разведении новых пород и разновидностей, закрепляя за ними по произволу те или другие особенности. Результаты искусственного отбора с научной точки зрения могут быть

¹⁾ Взгляды Гельмгольца на теорию Дарвина сохранили все свое значение в настоящее время.

рассматриваемы как подтверждение приведенного закона на опыте: в громадном числе случаев такого рода опыты привели к положительным результатам с различными видами из всех классов органического царства в отношении к самым органам тела; они снова и снова повторяются тысячи раз.

После того как этим путем было установлено всеобщее действие закона наследственности, Дарвину оставалось только выяснить, какие последствия должен иметь этот закон для диких животных и растений. Известно, что вероятность размножения и передачи своих особенностей потомству значительно больше у тех особей, которые в борьбе за существование выделяются какими-нибудь особенно благоприятными качествами. А этим обусловлено постепенно совершенствующееся из поколения в поколение приспособление всякого рода живых существ к условиям, среди которых они живут, — приспособление, продолжающееся до тех пор, пока не выработается такой тип, при котором всякое отклонение от него идет во вред особи. Тип этот затем сохраняется неизменным до тех пор, пока не изменяются самые внешние условия его существования. Живые существа нашего времени достигли, повидимому, такого устойчивого состояния: этим объясняется, почему, по крайней мере за время существования человечества, по преимуществу наблюдается постоянство видов.

Спор об истинности или вероятности теории Дарвина продолжается еще до сих пор, но он вращается, однако, исключительно около вопроса о границах, какие можно установить для изменчивости видов. Что среди организмов одного и того же рода может быть достигнуто наследственное изменение породы путем, какой указан теорией Дарвина, и что многие экземпляры, рассматриваемые как виды одного и того же рода, произошли от одной первоначальной формы, — это едва ли могут отрицать его противники. Но должны ли мы ограничиться этим или, может быть, должны признать, что все млекопитающие животные произошли от одной первой двуутробки, или, более того, все позвоночные от одной первой рыбки — ланцетника, или даже все животные и растения, взятые вместе, из слизистой протоплазмы эозоона, — решение всех этих вопросов в настоящее время определяется скорее воззрениями отдельных исследователей, чем фактами. Но все же все более и более увеличивается число связующих звеньев между классами типов, повидимому, не допускающими объединения; в правильно расположенных геологических слоях уже найдены доказательства перехода весьма различных форм друг в друга, и, бесспорно, увеличивается число фактов, вполне подтверждающих теорию Дарвина с тех пор, как возник интерес к их разысканию.

Не забудем кроме того, какую ясность внесла великая идея Дарвина в до сих пор таинственные понятия естественного родства, естественной системы и соответствия (гомологии) органов у различных животных; не забудем, что благодаря ей были объяснены удивительные повторения форм низших животных у зародышей

высших, развитие палеонтологических форм, происходящее соответственно естественному родству, и своеобразная родственность среди животных и растений, встречающихся в географически ограниченных областях. Прежде естественное родство казалось только загадочным и совершенно лишенным основания сходством форм; теперь же оно превратилось в настоящее кровное родство. Правда, естественная система напрашивалась на признание, как таковая, но теория отрицала ее реальное значение; теперь она приобретает значение действительной родословной организмов. Факты палеонтологического и эмбриологического развития и географического распределения казались загадочными и чудесными до тех пор, пока существовал взгляд, что всякий отдельный род произошел при помощи независимого акта творения, что бросало невыгодный свет на деятельность творца мира, представляя его действующим ошущью. Все эти разрозненные области, представлявшие накопление загадочных диковинок, Дарвин связал идеей постепенного развития и установил определенные понятия на место поэтических образов и догадок, которыми еще Гете, один из первых, объяснял факты сравнительной анатомии и морфологии растений.

Этим была дана возможность определенной постановки вопроса для дальнейшего исследования, что во всяком случае составляет крупный шаг вперед, даже если бы казалось, что теория Дарвина охватывает не всю истину, и что, на-ряду с указанными им влияниями на изменения органических форм, могут существовать и другие.

Теория Дарвина касается исключительно постепенного преобразования видов путем ряда переходов от поколения к поколению. С другой стороны известно, что и отдельный индивидуум применяется до некоторой степени к условиям, среди которых он живет, или, как мы говорим, приспосаблиется, и что таким образом даже в течение жизни отдельного индивидуума может быть сделан некоторый шаг вперед в смысле целесообразности развития частей организма. Новейшие результаты физиологии показали, что как раз в области чувственного восприятия, т.-е. той именно области органической жизни, где целесообразность ее форм, вызывая величайшее удивление, достигла наиболее полного выражения, — это индивидуальное приспособление играет особенно выдающуюся роль.

Кто не удивлялся верности и точности сведений ¹⁾, получаемых нами при помощи наших внешних чувств об окружающей нас природе, особенно при помощи проникающего вдаль зрения? Сведения эти являются стимулом принимаемых нами решений, совершаемых нами действий; и только, когда наши органы чувств дают нам правильное ощущение, мы можем ожидать правильности наших действий, можем ожидать, что результаты действий будут

¹⁾ Отчетливо выраженная „стихийная“ материалистическая точка зрения исследователя (по выражению Н. Ленина).

соответствовать нашим желаниям. На результатах наших действий мы проверяем точность сведений, сообщаемых нам внешними чувствами, и на миллион ладов повторенные опыты показывают почти без исключения, что эта точность очень велика. По крайней мере, те исключения, которые мы называем обманами чувств, весьма редки и вызываются только особенными, из ряда вон выходящими условиями.

Всякий раз, когда мы протягиваем руку, чтобы схватить что-нибудь, или ставим ногу, чтобы наступить на предмет, мы должны прежде всего путем зрения составить себе верное представление о положении предмета, к которому желаем прикоснуться, об его форме, его расстоянии от нас и т. д.; в противном случае нам не удастся схватить его или мы оступимся. Надежность и точность наших чувственных восприятий должны быть развиты, по крайней мере до такой степени, какой могут достигнуть при хорошем упражнении наши движения; поэтому и уверенность в достоверности наших чувственных восприятий не есть слепая вера: в практической правдивости их мы убеждаемся постоянно бесчисленными опытами.

Если это согласие чувственного восприятия с его объектом, эта основа всего нашего знания, есть продукт органической творческой силы, то в этом отношении творчество действительно достигло верха совершенства. Но именно здесь исследование действительных фактов безжалостно разрушило веру в предустановленную гармонию внутреннего и внешнего мира.

Я умолчу о том во всяком случае неожиданном результате офтальмометрических и оптических исследований, из которого следует, что глаз отнюдь не представляет собою оптического прибора более совершенного, чем приборы, сделанные человеческими руками: напротив, кроме неизбежных недостатков каждого диоптрического аппарата, у него есть еще и такие, которые мы старались бы исправить в каждом искусственном приборе. Ухо также отнюдь не сохраняет нам относительную силу внешних звуков; оно разлагает их и изменяет, усиливая и ослабляя в зависимости от высоты тона.

Эти отклонения представляются ничтожно малыми в сравнении с теми, какие получаются при исследовании качества ощущений, при помощи которых мы получаем понятие о различных свойствах внешних предметов. Относительно последних мы прямо можем привести доказательства того, что нет никакого сходства между качеством чувственных восприятий и качеством внешних возбудителей, их вызывающих и отражаемых через их посредство в нашем сознании ¹⁾.

¹⁾ Попытка примирить естествознание с непознаваемостью „вещи в себе“ (см. предисловие к настоящему сборнику). Ссылка на закон И. Мюллера ничего не доказывает: мы ведь, в конце концов, умеем отличать ощущение света, вызванное давлением пальца на глазное яблоко, от ощущения света, вызванного лучистой энергией. Все равно как научились же мы расшифровывать так называемые „обманы чувств“ (как ссылается на это не много выше сам же Гельмгольц).
Прим. ред.

Сущность этого была уже выражена в законе И. Мюллера о специфической энергии внешних чувств. Закон этот гласит, что каждому чувствительному нерву свойственен особый вид ощущений и каждый из них может быть возбужден при помощи целого ряда возбудителей: с другой стороны, один и тот же возбудитель может влиять на различные органы чувств; вообще, в каждом отдельном чувствительном нерве возбуждается только то ощущение, которое соответствует особой специфической энергии нерва. В глазном нерве возникают только ощущения света, в слуховом — только ощущения звука. Как это происходит, — это другой вопрос. Отсюда самое глубокое различие в качествах ощущений, т.-е. различие между ощущениями, вызываемыми различными органами чувств, отнюдь не зависит от природы внешних возбудителей, а только от природы соответствующего нерва.

Дальнейшими исследованиями область приложения этого закона Мюллера была еще расширена. Стало весьма вероятным, что даже ощущения различных цветов и тонов различной высоты, т.-е. качественные различия как световых ощущений между собой, так и звуковых, зависят от раздражения различных, наделенных различной специфической энергией систем волокон зрительного и слухового нервов. Этим путем бесконечно большое разнообразие сочетаний цветов, существующих в природе, сводится в наших ощущениях к различию только в трех отношениях, а именно, к сочетаниям трех основных цветов. Вследствие этого упрощения очень различные цветовые сочетания могут казаться одинаковыми. При этом оказалось, что с физической точки зрения нельзя усмотреть между смешиваемыми цветами никакого сходства, которое бы соответствовало субъективно воспринимаемой одинаковости цвета. Из этих и подобных явлений выводится весьма важное заключение, что наши ощущения по своему качеству суть только знаки внешних объектов, а отнюдь не воспроизведения ¹⁾ их с тою или другой степенью сходства. Изображение должно быть в каком-нибудь отношении подобно своему объекту, например, статуя имеет одинаковую форму с изображаемым ею человеческим телом: в картине сохраняется цвет и перспективная проекция. Для знака достаточно, чтобы он обнаруживался всякий раз, когда происходит соответствующее явление, при чем между ним и этим явлением, кроме одновременности их появления, нет никакого другого сходства. Только такого рода соответствие и существует между нашими чувственными восприятиями и вызывающими их объектами. Это — знаки, которые мы выучились читать: это — данный нам нашей физиологической организацией язык, на котором говорят с нами внешние

¹⁾ Теории символов или знаков, за которую можно спрятать „непознаваемую вещь в себе“, Гельмгольц сам в своих работах не придерживался, и в настоящей речи он, в конце концов, говорит, что эти символы „мы выучились читать“, т.-е. составлять себе картины мира, которые помогают нам правильно действовать, как на это указывает сам же Гельмгольц.

предметы. Но понимать этот язык, как свой родной, мы должны научиться путем упражнения и опыта.

Сказанное относится не только к качественным различиям в восприятиях, но и к нашим восприятиям пространственных отношений, если и не во всей их совокупности, то во всяком случае в большей и самой важной их части. Особенное значение в этом отношении приобрело новейшее учение о бинокулярном зрении и изобретение стереоскопа. В результате непосредственного ощущения обоих глаз без помощи психической деятельности оказались бы всего-на-всего два плоских, несколько отличных друг от друга изображения внешнего мира, — изображения о двух измерениях в том виде, в каком они укладываются на обе сетчатые оболочки глаз; вместо этого, мы находим в нашем представлении пространственное изображение окружающего нас мира, имеющее три измерения. Мы узнаем при помощи внешних чувств расстояния не особенно удаленных от нас предметов так же хорошо, как и их перспективное отношение друг к другу, и сличаем действительные величины двух различно удаленных предметов, повидимому неравной величины, гораздо вернее, чем кажущиеся одинаковые размеры хотя бы пальца и луны.

Объяснение зрительных пространственных восприятий, приложимое ко всем отдельным фактам, можно, по моему мнению, дать только тогда, когда мы, согласно Лотце, предположим, что ощущения, вызываемые нервными волокнами, расположенными неодинаково в пространстве, обладают известными особенностями, т.-е. местными знаками, пространственное значение которых мы должны еще изучить. Существуют многочисленные доказательства того, что понимания этих знаков можно достигнуть путем перемещения частей нашего тела, что при этом одновременно приходится учиться совершать эти движения с известной правильностью, чтобы результат движения получился как раз такой, какого мы ожидаем, и чтобы факт достижения результата становился нам ясным опять-таки путем восприятия.

Что опыт играет важную роль при распознавании значения зрительных образов и в сомнительных случаях имеет даже окончательное, решающее значение, с этим соглашаются даже те из физиологов, которые склонны отстаивать прирожденную гармонию между чувствами и внешним миром. Спорным является пока только вопрос о том, насколько велико у новорожденного участие прирожденных влечений, облегчающих привычку к уразумению чувственных ощущений. Допущение таких влечений вовсе не является необходимым; оно даже скорее затрудняло бы, чем облегчало объяснения аномалий, наблюдаемых у взрослых.

Из этого вытекает, что тонкая и столь поразительная гармония между нашими чувственными восприятиями и вызывающими их объектами, в сущности, за несколькими сомнительными исключениями, является индивидуальным приобретенным приспособле-

нием, продуктом опыта, упражнения и воспоминания прежних случаев подобного рода ¹⁾).

Тут замыкается круг наших рассуждений, и мы возвращаемся к нашей исходной точке. В начале мы видели, что цель, к которой должна стремиться наша наука, есть познание *законов*, т.-е. познание того, каким образом в различные моменты времени одинаковые условия вызывают одинаковые следствия. Мы видели, как в последнем счете все законы должны свестись к законам движения. Здесь, наконец, мы видим, что наши чувственные восприятия служат только знаками изменений внешнего мира и имеют значение картин только при представлении последовательности во времени. Но именно поэтому они и в состоянии непосредственно отражать *закономерность* во временной последовательности явлений природы. Если в природе одинаковые условия ведут к одинаковым результатам, то и человек, наблюдая при одинаковых условиях, заметит подобное же закономерное повторение ощущений в одинаковой последовательности. Итак, того, что дают нам наши органы чувств, вполне достаточно для решения задачи науки и для целей практической деятельности человека, который должен опираться на знание законов природы, приобретенных частью бессознательно на опыте, а частью сознательно путем научного исследования.

Закачивая этим наш обзор, мы можем подвести удовлетворительный итог: наука о природе смело двинулась вперед, и при том не к отдельным целям, но в направлении их тесной общей связи. Достигнутое может служить залогом дальнейших успехов. Сомнения в строгой закономерности природы устранены, открылись все более общие и всесторонние законы. Что это направление течений в науке целесообразно, особенно ясно доказали его значительные практические результаты; и здесь я позволю себе особенно выдвинуть науку, представителем которой я здесь являюсь. Именно в физиологии научная работа подвергалась парализующему влиянию сомнения, касавшегося существования необходимой закономерности жизненных явлений, а следовательно и возможности понять их, и это сомнение распространялось, конечно, и на находящуюся в связи с физиологией практическую науку—медицину. С тех пор, как исследователи серьезно и ревностно обратились к естественно-научному методу, к точному наблюдению явлений и к эксперименту, в обеих науках сказался такой подъем, какого они не могли достигнуть в продолжение тысячелетий. Я, как прежде практиковавший врач, лично могу это засвидетельствовать. Мои учебные годы совпали с таким периодом развития ме-

¹⁾ Этими словами, которые вытекают из всего опыта, накопленного наукой, опровергается теория символов, так как „гармония“, о которой идет здесь речь, есть „гармония“ между реально существующим миром и теми „образами“ и „картинами“, какие дают нашему сознанию органы чувств, совершенствуемые физическими приборами и инструментами.

дицины, когда глубокомысленные и добросовестные умы приходили в полное отчаяние. Было нетрудно понять, что старшие, преимущественно теоретические методы в медицине оказывались совершенно несостоятельными; но с этими теориями так тесно были связаны лежащие в их основе эмпирические факты, что пришлось выбросить за борт и эти факты. Пример других естественных наук указывал, в каком направлении надо начать перестройку науки; но эта новая задача была неимоверно велика; разрешению ее едва было положено только начало, при чем первые шаги отчасти были очень неуклюжи и неловки. Мы не должны удивляться, что тогда многие честные, серьезно мыслящие люди с чувством неудовлетворенности отвернулись от медицины или основательно предались преувеличенному эмпиризму.

Однако правильно поставленная работа принесла хорошие плоды быстрее, чем многие ожидали. Введение механических понятий в учение о кровообращении и дыхании, лучшее понимание явлений теплоты, более тонко разработанная физиология первов дали вскоре практические результаты величайшей важности: микроскопическое исследование форм паразитных тканей и широкое развитие патологической анатомии неотразимо приводили от туманных теорий к действительности. Таким образом были открыты более определенные особенности, и явилось понимание механизма и процессов болезни более ясное, чем то, которое давало старинная медицина со своим счетом пульса, исследованием мочевых осадков и типами лихорадки. Если назвать тот отдел медицины, где наиболее блестящим образом сказалось влияние естественно-научного метода, то это—глазные болезни. Своеобразное устройство глаза благоприятствует применению физических методов исследования как при нарушениях функциональных, так и при анатомических повреждениях живого органа. Обыкновенные физические средства, очки, то сферические, то цилиндрические, то призматические, во многих случаях достаточны для устранения болезни, которая в прежнее время делала бы орган на продолжительное время негодным; с другой стороны, многие болезненные изменения глаза, какие прежде замечались только тогда, когда уже наступала неизлечимая слепота, теперь можно обнаружить и устранить при самом их возникновении. Поэтому наука лечения глаза, как дающая самые благоприятные точки опоры для научного метода, привлекла особенно много выдающихся исследователей и быстро развилась до своего настоящего положения, благодаря которому она служит для остальных отраслей медицины таким же ярким образцом пригодности правильного метода, каким долгое время была астрономия для остальных естественных наук.

Тогда как в успехах исследования неорганической природы участвовали почти в равной мере различные нации Европы, повейшее развитие физиологии и медицины принадлежит преимущественно Германии. Я уже указал на препятствия, мешавшие успеху в этих областях. Вопросы о природе жизни тесно связаны с во-

просами психологическими и этическими. Прежде всего и здесь дело, конечно, в неусыпной работе, которая должна быть выполнена в области чистой науки для чисто идеальных целей и без ближайших надежд на практическую пользу. II, конечно, мы можем гордиться, что наши немецкие исследователи искони отличались этим воодушевленным бескорыстным прилежанием, которое служит для внутреннего удовлетворения, а не только для внешнего успеха.

Но, по моему мнению, в этом случае решающее значение имело нечто другое, а именно то обстоятельство, что у нас меньше, чем где-либо, бояться результатов полной и неприкрытой истины. В Англии и во Франции есть также превосходные исследователи, которые были бы в состоянии работать с полной энергией и правильно применяя естественно-научный метод: но до сих пор они почти всегда должны были подчиняться общественным и церковным предрассудкам, и если хотели высказать свои убеждения, то могли это сделать только в ущерб своему общественному влиянию и своей деятельности.

Германия действовала смелее: у нее была надежда, никогда ее не обманывавшая, что вполне познанная истина приносит с собой лекарство против вреда и опасности, какие в отдельных случаях могли вытекать из неполного познания истины. Трудобивый, умеренный, строгий в своих нравах народ может смело отважиться взглянуть истине прямо в лицо; он не погибнет от нескольких слишком поспешных и односторонних теорий, если даже они как будто и затрагивают основы нравственности и общества.

Здесь ¹⁾ мы находимся вблизи южной границы немецкой земли. В науке мы можем не обращать внимания на политические границы, но наше отечество простирается так далеко, как далеко слышится немецкий язык, как далеко находят отзыв немецкое прилежание и немецкая неустранимость в стремлении к истине. Что такой отзыв они находят и здесь, в этом мы могли убедиться из гостеприимной встречи и из прочувствованных приветственных речей. Здесь организуется молодой медицинский факультет. На его жизненном пути мы желаем ему развивать в себе эти основные добродетели немецкой науки; тогда он сумеет найти лекарство не только для телесных недугов; тогда он будет животворным центром для укрепления духовной самостоятельности, верности убеждениям и любви к истине, центром для укрепления чувства связи с великим отечеством.

¹⁾ В Инсбруке.

Г. ГЕЛЬМГОЛЬЦ.

Философия и естественные науки.¹⁾

(Перевод Л. С. Таль).

В первой половине настоящего столетия между философией и естественными науками, под влиянием шеллинго-гегелевской философии тождества, сложились мало оградные отношения. Причина лежала, главным образом, в глубокой противоположности методов, взаимно оспаривавших право на существование. Однако раздор в своей первоначальной остроте длился недолго: рядом быстро следовавших друг за другом блестящих открытий естественные науки с очевидностью доказали каждому, что в них таится здоровое зерно необыкновенной плодотворности, так что и принципиальные противники их не могли более отказывать им в уважении и признании.

Естественно также, что люди во все времена старались получить хотя бы схематическое представление о внутренней связи вселенной в ее целом. Однако исследование фактов идет медленно; с другой стороны, математика показывала, что, исходя из самого простого обыденного опыта, одной лишь силой мышления можно найти весьма общие законы; поэтому и в области исследования законов природы были сделаны попытки оперировать так называемым чистым мышлением, спекуляцией.

Так как при этом отвлеченным и грамматическим выражениям придавалось значение чего-то реального и результаты непроверенного опыта рассматривались как логически необходимые, то неизбежные на этом пути разочарования и ошибки на некоторое время подорвали репутацию философии. Но это была уже крайность:

¹⁾ Настоящая статья представляет собою введение к курсу теоретической физики. Этот курс Гельмгольца, несмотря на тридцатилетний возраст, является и в настоящее время едва ли не самым лучшим руководством. К нему можно и должно многое прибавить, но вычеркнуть из него ничего нельзя.

Прим. ред.

во всяком случае в области критики методов философия правомочна и в естественных науках: ведь должны же мы исследовать орудия, которыми работаем. ¹⁾

Критикой методов можно пренебрегать лишь до тех пор, пока возможно ограничиваться применением методов, уже на деле доказавших свою правильность. Но когда исследование доходит до той грани, где ставится сомнительным, следует ли приписать встречающиеся трудности самому предмету или неудовлетворительности метода, тогда такая критика должна вступить в свои права. Поэтому в последнее время и естествоиспытатели много рассуждают о философских вопросах. При этом обнаруживается, что рассмотрение отдельных разрозненных пунктов приносит мало пользы, необходимо действовать систематически, исследовать и начать постройку с самого основания.

Систематическому изложению физики, как учения об общих свойствах тел, за которым у говорящих по английски народов недаром сохранилось название „Natural Philosophy“, уместнее чем в какой-либо иной отрасли естествознания предпослать формулировку общих точек зрения; поэтому я хочу здесь начать с изложения общих логических и гносеологических принципов, применяемых в научной методике опытных наук; тем самым я значительно уклоняюсь от принятого обыкновения, так как обычно в университетах при преподавании отдельных отраслей знания логическим основам предстоящих исследований уделяют мало внимания.

В свое оправдание могу указать, что из долгой практики я приобрел обширные познания в области подлежащих нашему изучению проблем и некоторый опыт в способах наиболее легкого устранения трудностей, возникающих при естественно-научных работах. Философы, к которым я обращался, начинают свои исследования в большинстве случаев с понятий, уже нашедших себе выражение в слове, и обычно совершенно не знают или знают по наслышке о предшествующих понятиям процессах собирания фактических сведений; поэтому мне пришлось полагаться на свои собственные силы и часто объяснять себе вещи по своему. ²⁾

§ 2. Физические науки.

Прежде чем перейти к ближайшему изложению методологических принципов, мы должны сперва заняться установлением границ и содержания тех наук, введенным к которым предназначены служить последующие рассуждения.

¹⁾ Исследование орудия, которым мы работаем, возможно лишь сравнением выполненной работы с данными опыта, т.-е. действительно существующим: пользование объективными показаниями инструментов значительно облегчает дело. См. первую статью О. Винера в настоящем сборнике. *Прим. ред.*

²⁾ Дальнейшее, однако, показывает, что автор не всегда поступает, как здесь сам указывает, именно в настоящей статье особенно сильно видно влияние Канта. *Прим. ред.*

Физику мы можем определить как учение об общих свойствах тел природы ¹⁾. Под этими общими свойствами здесь, однако, следует понимать не только свойства, общие всем телам без исключения, но и такие, которые присущи лишь большим обширным классам тел. Физическими науками мы называем те науки, в которых приемы умственной работы хотя и совпадают с такими же приемами, как в физике, но которые частью относятся только к узко ограниченному классу тел, иногда же лишь к определенным отдельным телам или системам тел. Так, напр., задача химии состоит в выяснении особых свойств, благодаря которым отдельные элементы или их соединения отличаются друг от друга. В других отраслях физических наук рассматриваются не отличительные свойства, а изменения, наблюдаемые нами в определенных отдельных телах или системах тел природы. К таким наукам относится напр., астрономия. Она изучает силы и явления движения, наблюдаемые нами у небесных тел. Другая наука, физическая география, трактует о явлениях, происходящих на земном шаре, как в целом, так и в отдельных обширных частях его. Метеорология занимается явлениями и процессами в нашей атмосфере. Таким образом все это — специальные и обособленные отрасли, принадлежащие к классу физических наук и по методам трактовки предмета совпадающие с физикой. Поэтому их можно было бы назвать физикой в широком смысле.

Физика в узком смысле, то, что мы выше называли просто физикой, есть наука, рассматривающая и изучающая общие свойства тел или, лучше сказать, всех тел. Она распадается на два большие отдела, излагаемые обычно отдельно один от другого. Их обычно называют теоретической и экспериментальной физикой. Отделы эти очень существенно отличаются по применяемым при исследованиях приемам умственной работы. Пока в центре внимания ученых стояли скорее внешние приемы умственной работы, характерные для отдельных наук, и сущность этой работы ближе не исследовалась, существовала тенденция к строгому и резкому обособлению теоретической или, как ее иначе называли, математической физики, от физики экспериментальной. На практике же эти две отрасли или, точнее говоря, два способа трактовки предмета физики действительно отличаются лишь постольку, поскольку одни исследователи и учащиеся, обладая особой ловкостью и особым складом воображения, необходимым для придумывания новых поучительных опытов, более склонны к экспериментальным исследованиям, тогда как другие находят больше удовлетворения в теоретико-математической стороне работы и более к ней способны. Но не следует забывать, что математические знания и навык в мате-

¹⁾ Такие общие определения едва ли приносят какую-либо пользу, Большинство современных физиков сознательно не дают никаких определений физики. (См., напр., полемику Эренфеста и Хвольсона в Журн. Русск. Физико-Химич. Общества за 1912 г.).

математической разработке выдвигаемых в физике проблем имеют существенное значение для каждого, посвящающего себя физике, сосредоточивается ли он в своей работе на эксперименте или на вычислениях.

Во всяком случае при дальнейшем углублении в физику с чисто практической точки зрения будет целесообразнее остановить свой выбор на том или другом направлении в работе и сообразно с этим сосредоточить свои усилия на каком-нибудь одном из них. Однако с самого начала необходимо подчеркнуть, что экспериментальная физика вне всякой связи с математической физикой представляет собою очень узко ограниченную науку, не достаточно глубоко проникающую в процессы физических явлений, и наоборот, математическая физика без экспериментальной так же окажется довольно односторонней и бесплодной: построение теорий о явлениях природы — вещь бесполезная, пока из собственного опыта собственными глазами не приобретено знакомство с этими явлениями.

При систематическом изложении различных наук обычно не принято входить подробно в рассмотрение логических принципов, лежащих в основе предпринимаемых исследований; но как раз в физике это до известной степени необходимо.

§ 3. Критика старой логики.

Учение о научном мышлении, логика, разработанное Аристотелем, перешло к нам от философов схоластиков средневековья и с тех пор осталось неизменным в своих основных чертах. Как уже указывалось выше, логика трактует лишь о знании, поскольку оно выражается словами, и это знание облекается в форму суждения. С грамматической стороны суждение является в виде предложения, связывающего два понятия — подлежащее и сказуемое. Новые суждения образуются путем умозаключений.

Для этого мы пользуемся некоторым общим положением, называемым большой посылкой, и частным положением, малой посылкой: последняя обычно относится лишь к отдельным объектам, а в некоторых случаях даже лишь к единичному объекту; большая же посылка может привести к общему и совершенно надежному заключению только в том случае, если она выражает общее положение, действительное для всех объектов известного класса. При изложении логики, как части философских наук, обычно не дается никаких сведений о происхождении большой и малой посылок. Возможность нахождения подобных положений предполагается данной, и объяснения в логике касаются только рода связи между ними и пределов приложимости заключений, которые могут быть выведены из данных большой и малой посылок. Поэтому обычная логика ограничивается лишь указанием путей и методов нахождения новых положений из некоторых известных и данных положений,

т.-е. способов вывода заключения, следствия, но она не объясняет, каким путем получены эти первоначальные положения — большая и малая посылки. Обычно эти положения бывают даны тем или другим сторонним авторитетом. В таких случаях выводимое заключение никогда не содержит в себе новой истины. Это становится еще яснее, если вспомнить, что согласно правилу большую посылку нельзя установить с достоверностью, если не знать заранее, что объект, называемый в малой посылке и составляющий ее подлежащее, входит в состав большой посылки и что последняя правильна и в отношении к этому подлежащему. Если большую посылку мы устанавливаем не сами, т.-е. если не имеем самостоятельных данных для обоснования ее правильности, то в дальнейшем заключении будет высказано только, что объект подходит под большую посылку, иначе говоря, в нем будет утверждаться то самое, что должно быть заранее известно, прежде чем вообще можно устанавливать большую посылку. В этом смысле вполне оправдывается название логики, обозначавшее первоначально искусство слова. В самом деле, в подавляющем большинстве случаев первоначальные исходные положения в ней передаются устно или письменно. И старая логика в том виде, как она обыкновенно преподается, в сущности сводится к указаниям способов правильно выражать эти положения, чтобы они содержали требуемый смысл и чтобы всякий, кто хочет или должен их понять, связывал с ними надлежащий смысл. Таким образом, она по существу представляет ряд указаний для одних о том, как правильно говорить, а для других — как придавать надлежащий смысл высказанным положениям. Итак, во всей цепи логических операций мы вовсе не имеем дела с образованием новых истин; в полную противоположность этому, в естественных науках нам приходится приобретать знания, до этого еще не добытые, которых нам никто другим не может авторитетно сообщить от себя. По крайней мере, именно такого рода ранее неизвестные положения образуют главную часть науки о природе и ее самый существенный элемент. Поэтому и умственные операции, какие нам приходится применять при рассуждениях в естествознании, обнаруживают известное коренное отличие от умственных операций, применявшихся до сих пор в логике по отношению к перешедшим к нам от прошлого знаниям. Поэтому прежде всего необходимо дать краткие разъяснения о характере логической работы, какую нам предстоит выполнять при естественно-научных, физических исследованиях.

§ 4. Понятия и их коннотации.

Цель физических наук — понимание явлений природы. „Понимать“ же значит образовывать понятия. ¹⁾ И вот, если мы поже-

¹⁾ Узкое определение. Можно найти много примеров, когда понятие найдено, найден даже закон явлений, и все-таки, чтобы хорошенько понять, мы ищем еще дальнейших объяснений. *Прим. ред.*

даем узнать, как образуются понятия и как они соподчиняются друг другу, то для этого обычная логика указывает нам следующий прием. Прежде всего мы объединяем объекты, сходные в известном отношении, и при помощи характеристики, называемой обыкновенно определением класса, устанавливаем те объекты, которые хотим причислить к этому классу. Построение определения состоит, следовательно, в нахождении того комплекса свойств, который непременно присущ всем объектам класса. Когда таким путем найден такой комплекс свойств, присущих всем объектам данного класса и отсутствующих у всех объектов, причисляемых к другим классам, то тем самым дано отграничение этого класса объектов от всех других объектов: они обобщены в понятие. Таково обычное описание образования понятий согласно требованиям обыкновенной логики. Однако Джон Стюарт Милль обратил внимание на существенное различие между разными признаками, употребляемыми для определения понятия. Особенно в естественных науках очень резко бросается в глаза, что в чрезвычайно большом числе случаев кроме тех признаков, какие достаточны и необходимы для определения класса или рода, а следовательно и понятия, оказываются еще и другие признаки, встречающиеся у всех единиц данного рода или класса. Эту особенность мы легко можем уяснить себе на примере. Для этого выберем понятие „млекопитающее“. Мы можем выделять класс млекопитающих, дав ему такое определение: „млекопитающие суть животные, которые родились живыми и вскормлены материнским молоком“. Этим мы исключили бы всех остальных животных, всех птиц, амфибий и т. д. Но оказывается, что, кроме этой особенности способа рождения и вскармливания в раннем возрасте, существует еще ряд других особенностей анатомического строения, также общих всем млекопитающим: мы находим у всех них, что они теплокровны, имеют двойное кровообращение, состоящее в том, что кровь, до завершения всего своего круговорота, дважды возвращается в сердце, далее, что существуют известные особенности в образовании слуховых косточек и сочленения нижней челюсти и т. д. Все эти общие особенности могли бы также послужить отличительными признаками млекопитающих, так как они не присущи птицам, земноводным, рыбам и т. д. Таким образом, если надо бывает установить определение какого-либо класса в форме общего названия, то мы должны отличать два рода разных признаков: признаки необходимые и достаточные для определения, выделения, обособления класса и установления его названия; но наряду с ними может встретиться еще и другой род признаков, хотя и имеющих всегда у всех особей данного класса, но для определения не необходимых. Если мы, напр., найдем животное, которое рождено живым и вскормлено материнским молоком, то мы определим его, как млекопитающее, и не станем еще требовать, по крайней мере для установления названия и класса животного, чтобы была доказана наличность у него упомянутых выше анатомических особенностей в образовании слу-

ховых косточек, сердца и т. д. Стюарт Милль первый установил это важное различие и таким образом отделил входящие в определение понятия признаки, которые сами по себе, вместе взятые, достаточны для установления определения, от тех, которые кроме того всегда имеются у отдельных существ, объединяемых понятием. Последние свойства он назвал сопутствующими признаками понятия (коннотациями). Различие это очень существенно и важно и имеет исключительное значение при пользовании подобными логическими определениями. Если такую коннотацию найти для объектов, охватываемых каким-нибудь определенным понятием, то можно с ее помощью образовать общие суждения: напр., все млекопитающие имеют по крайней мере три слуховых косточки, двойное кровообращение и теплокровны. Здесь эти три суждения являются коннотациями. И вот на практике оказывается, — и легко объяснить, почему это так, — что в классификациях, лежащих в основе человеческого языка и определяющих наименование предметов, образованы были преимущественно такие понятия, которые допускают сопутствующие признаки. В самом деле, для нас немного будет пользы, если бы мы вздумали стряпать любые, произвольно взятые определения из любых признаков. Мы могли бы, напр., объединить в один класс все растения, имеющие голубые цветы, и дать этому классу особое название. Но определение такого класса не допускало бы коннотаций, так как в дальнейшем мы не смогли бы высказать об этих объектах никакого общего суждения кроме того, что уже высказано в их определении, а именно: что это — растения и имеют голубые цветы. Поэтому все общие суждения, какие мы могли бы высказать по отношению к таким классам, носили бы неизбежно характер тавтологии. Итак, создавая новые понятия, мы должны стараться образовывать такие понятия, в которые привходит по меньшей мере одна коннотация; поступать иначе было бы совсем бесполезно. Язык наш уже развился под влиянием этой точки зрения: человек и без помощи строго научного изучения, путем ежедневного наблюдения, знакомится с множеством только что характеризованных нами отношений. Правда, мы не всегда отдаем себе отчет в этом знании и лишь редко мы сознаем, каким путем мы его достигли. Но у народа, спокойно и вдумчиво наблюдающего, упомянутое влияние на язык должно неизбежно развиваться дальше, и отчасти этим можно объяснить тот факт, что цивилизованные народы имеют более тонко развитые языки, в которых особенно выделяются понятия, дающие возможность высказывать общие суждения и, следовательно, имеющие коннотации.

§ 5. Родовые понятия и законы природы.

Этот способ образования понятий в довольно широких размерах применяется в так называемых естественно-исторических науках. Последние имеют в виду по большей части лишь описание

объектов, продолжительное время существующих в окружающей нас природе, примерно тех, которые, благодаря свойственным организмам животных процессам воспроизведения, постоянно порождаются вновь в одинаковых формах, так что в наличности всегда имеется значительное количество экземпляров каждого класса. Таким образом у этих объектов нам приходится описывать почти одно лишь длительно существующее состояние, так как лишь в новейшее время возник интерес к изучению изменений, могущих происходить в таких телах природы на протяжении нескольких поколений. В противоположность этому, физические науки имеют преимущественно дело с *изменениями*, происходящими с телами природы. Если выше мы и указали, что задача физических наук сводится к определению общих свойств тел природы, то это несколько не противоречит только что сказанному, так как рассматриваемые здесь свойства тел природы становятся доступными нашему наблюдению лишь тогда, когда мы воспринимаем изменения этих тел. В физических науках мы стремимся выяснить, какие изменения вообще могут встречаться, и каковы должны быть предшествующие внешние влияния и обстоятельства, чтобы вызвать такие изменения; а также, что должно предварительно произойти, чтобы воспрепятствовать наступлению таких изменений. Таким образом материалом для обобщения в физических науках, по отношению к которому мы должны прибегнуть к приемам, совершенно аналогичным образованию понятий о телах природы, являются процессы изменений, наблюдаемые нами в объектах внешнего мира. Но если мы хотим понять такие изменения, то мы должны применить к ним те же приемы, какие мы признали практичными при рассмотрении объектов природы; мы должны объединять в классы такие случаи, в которых, кроме обстоятельств, служащих для определения, т.-е. для выделения известной группы явлений, встречаются еще и другие однородные изменения, свойственные всем, т.-е. одинаково протекающие. Итак, здесь опять по существу мы имеем перед собой ту же задачу, только выраженную несколькими словами. В самом деле, для класса, содержащего некоторое количество одинаково возникших и одинаково протекающих изменений, мы можем дать словесное выражение только в форме закона природы. „Два весомых тела, находящиеся в пространстве, на конечном расстоянии одно от другого, испытывают ускорение и каждое из них в направлении к другому“, это значит, что они движутся в этом направлении с возрастающей скоростью навстречу друг другу. Это факт, обнаруживающийся всегда, когда отсутствуют препятствующие обстоятельства, напр. ускорения, производимые таким же образом третьими телами в противоположном направлении; этот факт всегда может быть выражен в такой форме и только что был выражен в форме закона природы.

Подобно тому, как в описательных естественных науках, зоологии, ботанике и т. д., мы обобщаем в понятия классы тел природы и ищем их коннотаций, так же точно и в физических

науках мы имеем перед собою совершенно такую же логическую задачу с той только разницей, что здесь она касается явлений. Именно наша задача здесь заключается в объединении в классы таких случаев изменений и таких процессов, у которых кроме наблюдаемых однородных обстоятельств, отвечающих определению понятия, регулярно повторяются еще другие явления, аналогичные, следовательно, сопутствующим признакам понятия.

Другую группу явлений природы мы можем обобщить в следующем положении: „световой луч, проходящий сквозь границы двух разнородных прозрачных сред, преломляется, и его отклонение от первоначального пути дается определенным тригонометрическим отношением“. Первый из двух приведенных законов природы касается изменений местонахождений весомих тел в пространстве, второй — изменений направления светового луча. Мы можем накопить массу таких примеров различными путями и каждое правильно повторяющееся в природе явление можем выражать таким образом сообразно его действительному содержанию в виде закона. Для этого нам нужно лишь точно определить условия, при которых происходит означенное явление, и затем точно указать, как оно далее протекает. Но это представляет собою не что иное, как описание действительно наблюдаемых явлений¹⁾.

§ 6. Закон природы. Сила и причина.

Выражая законы природы словами, мы в большинстве случаев отступаем от приведенной до сих пор формулировки: мы создаем абстрактные понятия и ставим существительные вместо глаголов; напр., первый из вышеприведенных законов мы выражаем в такой форме: между каждыми двумя весомих телами, находящимися в пространстве на конечном расстоянии одно от другого, непрерывно существует сила притяжения определенной величины. Тем самым вместо простого описания явления движения мы вводим абстрактное понятие— силу притяжения. Фактически этим мы не обозначаем ничего (по крайней мере, ничего, имеющего еще фактический смысл), кроме того, что содержится и в простом описании явления. Устанавливая закон в этой форме, оперирующей с понятием силы, мы утверждаем лишь, что и это явление взаимного приближения обоих тел наступает в любой момент, как только для этого давы условия.

О такой силе мы не умеем указать ничего фактически иного, кроме того, что всякий раз, как она действует или когда наступают условия для ее действия, указанное явление может быть

¹⁾ Исследование на этом не останавливается. В курсе самого Гельмгольца приведено объяснение закона преломления. Если свет представляет собою волнообразное движение (а на это мы имеем очень много данных), и если волны движутся с различными скоростями в двух данных средах, то закон преломления непосредственно вытекает из сделанных предположений.

наблюдаемо. Таким образом, это в известном смысле пустая абстракция, которая, однако, при правильном ее понимании, описывает действительно происходящие явления. Но с другой стороны следует заметить, что благодаря введению в формулировку закона понятия силы в него привносится нечто, что легко может быть принято за гипотетический элемент и что собственно не дано в фактах. И, действительно, этот способ выражения, пока его смысл не был вполне уяснен, вызывал различные затруднения; часто он неправильно понимался в том смысле, что отвлеченное сущестительное—сила—толковалось, как обозначение чего-то действительно существующего, и что считалось законным выдвигать по поводу существенных свойств сил определенные положения, которые на самом деле если и были верны, то являлись тавтологиями или имели лишь мнимо-реальное содержание. Вследствие этого в новейшее время многие физики, задававшиеся целью не вносить в науку ничего, что не было бы чистым выражением фактов, стремились и фактам придавать такую формулировку, в которой не было бы скрыто ничего гипотетического. Фарадей был первым, потрудившимся в этом направлении. Он не прошел нормального для ученого физика образования, но приобрел большую часть своих знаний собственным умом и собственной проныцательностью. Находясь в обучении у переплетчика, он стал прочитывать книги, которые ему нужно было сшивать, и этим путем быстро увеличил свои знания. Впоследствии он столкнулся с известным физиком Гемфри Дэви; последний принял близкое участие в явно интеллигентном мальчишке и взял его к себе в качестве ассистента или, вернее сказать, лабораторного служителя. После этого Фарадей, которому Гемфри Дэви вскоре передал часть своих лекций, приобрел огромную известность и уважение. Основную причину его необыкновенно значительных научных открытий и в особенности оригинальности его воззрений следует искать преимущественно в том обстоятельстве, что он шел не по проторенному пути науки, но был вынужден с самого начала искать себе собственной дороги в понимании явлений. Фарадея сильно отталкивал элемент гипотетичности, который он усматривал в понятии силы ¹⁾. К тому же он не мог представить себе известных свойств, приписываемых физиками силам; он с самого начала полемизировал против представления о действии на расстояние через пустоту, и для тех явлений, которыми он больше всего интересовался,—для магнитных и электрических сил,—ему действительно удалось найти свое собственное объяснение и установить связанные с ними факты; этим истолкованием было отвергнуто существование сил, действующих на расстоянии, принимавшихся до того времени за основу магнитных, электрических и электромагнитных явлений. По роду своих воззрений Фарадей был вынужден создать собственную номенклатуру,

¹⁾ Т.-е. силы, действующей на расстоянии, без участия промежуточной среды

но в этом ему не посчастливилось: ему не удалось придать методологическую ясность сущности своих воззрений. Его современники не сумели пойти по его следам в этом истолковании, и поэтому лишь долго спустя, почти только из среды следующего поколения нашлись математики, которые смогли разобрать смысл обозначений Фарадея; среди них в первую очередь следует назвать Максвелла. Рядом с Фарадеем и Максвеллом сэр Вильям Томсон (теперь лорд Кельвин) также старался избегать в математической физике всех подобного рода образных и абстрактных выражений. Впоследствии к ним присоединился и Густав Кирхгоф, который в предисловии к своему учебнику механики прямо говорит, что задача механики — возможно полное и простое описание происходящих в природе движений ¹⁾. Таким образом с его точки зрения самое существенное заключается лишь в точном описании явлений. К этим словам Кирхгофа с своей стороны я мог бы лишь добавить, что возможно полное и простейшее описание можно дать лишь путем формулировки законов, лежащих в основе явлений. С другой стороны следует однако упомянуть, что и абстрактный способ обозначения имеет свои преимущества для характеристики закона, как такового, и что образование такого отвлеченного понятия и выражение его в форме существительного определяется моментами, тоже лежащими в природе вещей. Формулируя закон, как таковой, мы высказываем содержание некоторого опыта, о котором мы должны предположить, что он будет повторяться всегда, раз будут даны условия, при которых может иметь место данное явление. То, что выражается законом, наступает, — как нам хорошо известно, и как в любое мгновение может быть подтверждено нами на основании опыта, — независимо от нашего представления, независимо от наших желаний. Мы знаем, что мы не в состоянии оказать никакого влияния на течение внешних процессов посредством представлений, протекающих в сознании одновременно с этими процессами ²⁾. Поэтому, пользуясь еще распространенной терминологией философских наук, мы можем обозначить эти процессы, возникающие согласно закону, как „не—я“, как нечто, не зависящее от нашей способности создавать представления, от нашего сознания, от нашей воли, от наших желаний, нечто, что мы при его наступлении можем лишь констатировать, как факт. Чем точнее и подробнее наше исследование, тем более мы убеждаемся, что наступление этих явлений зависит только от определенных внешних условий и совершенно не зависит от наших психических процессов. Итак,

¹⁾ Это утверждение Кирхгофа часто распространяют на всю науку вообще и приписывают это распространение Кирхгофу, что однако не верно. Механика оперирует с простейшими элементарными понятиями, которые не сводятся к другим: поэтому в механике термин „описание“ вполне подходящ, но он неприменим там, где оперируют с фактами более сложными. К тому же в других частях своего знаменитого курса Кирхгоф прямо говорит о необходимости „объяснять“ изучаемые явления. *Прим. ред.*

²⁾ Правильная материалистическая точка зрения. *Прим. ред.*

мы должны видеть в законе нечто, происходящее совершенно независимо от наших представлений, от наших желаний, и даже должны признать, что соответствующие явления наступят в любой момент, когда даны необходимые для них предварительные условия. Таким образом эта сила, нам здесь противостоящая, и могущая без нашего вмешательства и независимо от наших представлений вызывать такие своеобразные последствия, должна быть признана за нечто, длительно существующее, в любой момент готовое к действию и при том за нечто мощное, влияние чего проявляется в иных случаях и против нашей воли и против наших желаний. Здесь мы имеем нечто большее, чем простое признание факта за факт, и вот такие объекты, прочно существующие, действительные и оказывающие принудительное влияние на внешний мир, без нашего вмешательства, мы обыкновенно обозначаем именами, какие привыкли давать фактически существующим вещам; и тем самым, конечно при условии правильного понимания, вполне оправдывается характеристика такой силы, как длительно существующего фактора. Лишь этот способ обозначения впервые выражает ту мысль, что найденный нами закон в каждый момент способен к действию и в любое мгновение может проявить свою мощь,—таков был основной мотив, заставивший людей вообще перейти к употреблению существительных и предпочесть говорить не о законах, а о силах. Но по действительному смыслу (и это необходимо настойчиво повторять), употребляя существительные, говоря о той или иной силе, действующей определенным образом, фактически мы не выражаем ничего иного и не влагаем в наши слова никакого иного реального содержания, кроме следующего: закон будет проявляться в каждом случае, где даны условия для его проявления. Об этом гипотетическом существительном, которым мы считаем силу, мы не знаем ничего другого, кроме того, что его природе свойственно вызывать определенное действие. Наконец нужно указать, что, вследствие необычайного многообразия внешних проявлений, мы допускаем существование и самих разнообразных видов сил ¹⁾.

Ускорение движения небесных тел в направлении друг к другу мы характеризуем, как действие силы притяжения, оказываемого весомыми телами друг на друга; при лучепреломлении мы говорим о лучепреломляющей силе, приписываемой нами прозрачным телам ²⁾, в других случаях мы находим, что определенные соединения металлов и проводящих электричество жидкостей вызывают электрические токи и, измеряя силу этих токов и определяя

¹⁾ Необходимо отметить что у Гельмгольца слово „сила“ не имеет строго определенного смысла, как это теперь установлено. Мы теперь употребляем слово „сила“ в том смысле, как это употребляется в механике. Исключение представляет „электродвижущая сила“. *Прим. ред.*

²⁾ Совершенно неподходящий способ выражения, которым Гельмгольтц и сам не пользуется в своем превосходном курсе теоретической физики, к которому настоящая статья служит введением. *Прим. ред.*

точные условия, их вызывающие и определяющие их силу, мы говорим об электродвижущей силе гальванической батареи и т. д. Словом, мы допускаем существование самых разнообразных сил и не делаем в этом отношении ограничений. В дальнейшем, когда мы будем исследовать каждую силу в отдельности, мы натолкнемся, правда, на особые способы рассмотрения, устанавливающие известную связь и известное родство между отдельными силами.

Легко можно показать, что эти абстрактные понятия—сила и объекты природы, или тела, которым мы приписываем силу,—не могут быть отделены друг от друга. Говоря о силах движения, мы обыкновенно называем то, что может быть приведено в движение, просто массой или подвижной материей. Сила без материи не имеет смысла, как не имел бы смысла закон, говорящий об изменениях там, где нет объектов, которые могли бы подвергаться изменениям ¹⁾. Такой закон противоречил бы сам себе и сам бы себя упразднял: столь же мало смысла было бы говорить о материи без силы: такие материальные предметы не могли бы подвергаться изменениям, так как изменения всегда предполагают существование силы. Из этого простого рассуждения уже ясно, что материальный объект и сила представляют собою два абстрактные понятия, которые нельзя отделять одно от другого и которые имеют определенный смысл только при их данном соотношении и связи.

В науке часто забывался собственный смысл, который следует связывать со словом „сила“, и содержание того, что обозначалось существительным, принималось за некоторую реальную вещь, могущую иметь самостоятельное существование. В результате возникло не мало различных заблуждений.

В физиологических науках долгое время шла речь о том, что „жизненные силы“ представляют собою, возможно, свободные силы, не зависящие от какой-либо материи, и что человеческую душу равным образом можно рассматривать, как некоторую силу, не связанную с материей, т.-е. отделенную от объектов, подвергающихся изменениям ²⁾. Но раз мы уяснили себе происхождение понятий силы и материи, такие воззрения утратили всякий смысл.

В такого рода взглядах забывался первоначальный смысл условных способов обозначения, и отвлеченные названия рассматривались как обозначения, действительных вещей.

Подобные заблуждения и связанные с ними в истории развития науки всякого рода неверные и недопустимые представления вызвали в дальнейшем недоверие ко всей подобной терминологии и заставили некоторых, желавших совершенно избежать таких за-

¹⁾ Правильная материалистическая точка зрения. *Прим. ред.*

²⁾ Эту трезвую ясную точку зрения не мешало бы вспомнить современным ученым, пытающимся воскресить в науке такую противонаучную выдумку, как витализм. См., напр., академик В. И. Вернадский, „Загадка жизни“. 1922. *Прим. ред.*

блуждений, отказаться от всяких отвлеченных обозначений и свести изображение явлений природы к простому описанию в буквальном смысле слова.

У нас имеется еще другое обозначение, касающееся такого рода соотношений, правда с несколько видоизмененным значением. Я имею ввиду понятие „причина“. Поскольку мы представляем себе силы, как основание, могущее вызывать изменения, мы называем их причинами наступающих изменений. Анализируя термин „причина“ (Ursache) с его этимологической стороны, мы найдем, что приставкой „Ur“ обозначается нечто скрытое за явлениями. „Sache“ (вещь) обозначает некоторый длительно пребывающий предмет, нечто постоянное. Таким образом, слово Ursache по своему этимологическому смыслу, в данном случае точно совпадающему со смыслом самого слова, должно обозначать то постоянное, что скрыто за воспринимаемыми нами изменениями, т.-е. скрытую длительно-пребывающую основу явлений ¹⁾. А это вполне согласуется с тем, что мы сказали о понятии силы: мы видим, что сила лишь потому может восприниматься нами, как нечто длительно-пребывающее, что она в любой момент способна активно проявить свое действие.

В понятии закона явлений уже содержится по существу все то, что мы привносим в этих дальнейших обозначениях. Им лишь сильнее выдвигается идея длительности и постоянной готовности к действию. Если причинное отношение рассматривать как необходимое для всех изменений в природе, т.-е. принимать, что каждое изменение в природе должно иметь достаточную причину, то на основании только что приведенных соображений мы можем выразить это и иначе: все изменения в природе должны происходить закономерно. Так как явления природы бывают для нас понятны лишь тогда, когда они во всех своих частях протекают сообразно законам и только сообразно законам, то принцип причинности мы можем формулировать и в такой форме: „все явления природы должны быть понятными“. Раз дана закономерность явления природы, то тем самым дано, что закон продолжает существовать, готовый действовать в любой момент, и мы в праве обозначить такой закон, в выше указанном смысле слова, как причину явлений. Принцип причинности собственно недоказуем из опыта: если мы не имеем заранее закона причинности, то ни из какого совершающегося явления мы не можем заключить, что оно должно исходить от некоторой определенной причины. Чтобы впервые прийти к понятию силы и причины, мы должны уже применить закон причинности. Поэтому принцип причинности в действительности представляет собою априорное положение, зависящее от формальных

¹⁾ Все это неудачное рассуждение о законе причинности навеяно философией Кан а и не связано с научной работой автора. Ср. с ясной постановкой того же вопроса у Больцмана в статье „Статистическая механика“ в настоящем сборнике. *Прим. ред.*

определений нашего мышления: мы, как уже сказано, не могли бы прийти к представлению о какой-либо причине или признанию такой причины, если бы уже не подходили к природе с представлением о том, что всегда должна существовать возможность находить причины. Начиная искать причины, мы находим значительное количество явлений, у которых мы действительно можем установить причины и доказать полную и строгую закономерность; но с другой стороны необходимо указать, что наше знание явлений природы еще далеко не полно, чтобы мы могли вывести такое эмпирическое положение: „все явления природы—понятны“. Мы должны постоянно помнить, что по отношению к обширным классам явлений природы, и прежде всего по отношению к явлениям органической жизни у животных и растений, мы до сих пор еще настолько далеки от полного познания их причин, что было бы чрезвычайно рискованно из длинного ряда уже понятных явлений природы выводить апостериорное заключение о понятности их всех ¹⁾. По отношению же к другим группам явлений, напр., метеорологическим, хотя в настоящее время еще и не вполне сведенным к их причинам, вполне вероятно, что они в конце концов станут доступны нашему пониманию.

§ 7. Гипотеза как предварительная стадия закона.

Наша задача состоит таким образом в отыскании законов явлений природы. К этому у нас нет иного пути, кроме наблюдения явлений природы. Однако в них законы обыкновенно не выявляются так просто: в большинстве случаев условия, при которых происходят изменения в окружающей нас природе, настолько необычайно запутаны, что даже при помощи опытов, производимых нами с этой целью, мы лишь очень редко бываем в состоянии распознать закон в простейшей форме его действия и как бы открытым для нашего непосредственного восприятия.

В силу этого нам обыкновенно приходится констатировать законы предположительно и потом исследовать, окажутся ли эти законы правильными во всех отдельных случаях явлений, которые мы можем вызвать при помощи искусственного экспериментирования. В общем и целом это—медленный и трудный процесс искания: первая попытка установления закона будет неизбежно носить характер гипотезы, она не может сейчас же дать абсолютной уверенности и нуждается в проверке, в большинстве случаев требующей большой траты времени. Если таким образом путь исследования в естественных науках по необходимости ведет через гипотезы, то все же не следует никогда забывать и упускать из виду, что эти

¹⁾ Очень наглядный пример, как даже такой исключительный ум, как Гельмгольц, когда он покидает почву науки и подчиняется чужим влияниям, начинает высказывать совсем не научные суждения. См. Статью Больцмана о статистической механике стр. 165. *Прим. ред.*

гипотезы должны служить лишь в качестве точек опоры для последующей формулировки закона. При построении гипотез всегда бывает выгодно конструировать их так, чтобы для каждого отдельного случая, для которого мы хотим применить их, они давали совершенно определенный и однозначный результат. Совершенно ошибочно думать, что первоначальные гипотезы можно строить в неопределенной и общей форме. Для построения таких гипотез требуется всегда известная изобретательность; это своего рода отгадывание, и достигает цели вообще лишь тот, кто умеет ловко угадывать. В большинстве случаев это происходит таким образом: отдельный исследователь, делающий в определенной области физики ряд отдельных наблюдений, сперва пытается в виде опыта объединить эти известные ему случаи в определенный закон; затем он обдумывает, не существует ли еще и других, ему уже известных случаев, где он уже наблюдал течение явлений.—случаев, которые подходили бы под его определение, т.-е., принадлежали бы к тому классу, к которому относится формулированный им в виде предварительной попытки закон. Но тогда обычно можно будет указать и новые подлежащие действию этого закона случаи, ход которых еще не проверен. Эти, в своем течении пока еще неизвестные случаи должны быть, поскольку это возможно, фактически воспроизведены экспериментальным путем для выяснения, подлежат ли и они этому закону. Таким путем из методологически и принципиально правильно протекающего научного исследования гипотетический элемент устраняется все больше и больше, по мере углубления соответствующего исследования в специальную область. Элемент научности в этом приеме исследования заключается в том, что мы стараемся приобрести возможно полное знание данного класса явлений природы, отчасти путем непосредственного наблюдения того, что само входит в наш опыт, отчасти путем намеренного воспроизведения еще не наблюдавшихся случаев, именно таких, которые хотя и несомненно входят в сферу действия закона, но в каком-нибудь существенном отношении отличаются от случаев, наблюдаемых и известных до сих пор.

§ 8. Полнота научного опыта и его практическое значение.

Только что описанный прием, имеющий в виду доказать применимость какой-либо пробной гипотезы в качестве закона общего значения, в сущности сводится к отысканию возможно полного знания всех отдельных случаев. Устанавливая для них закон, мы приобретаем еще и дальнейшее преимущество в виде возможности определенного контроля частью над полнотою обозрения случаев, а частью также и над тем, чтобы у нас не проскользнул незамеченным ни один случай, противоречащий нашему закону. Это и понятно: чем внимательнее мы относимся к закону и чем более привыкаем видеть его подтверждение во всех случаях, тем более бросается нам в глаза каждый случай, закону противоречащий.

Если бы мы имели дело с беспорядочными случаями, то мы могли бы легко упустить из виду отдельный противоречащий закону факт; но именно благодаря тому, что все встречающиеся нам случаи мы сравниваем с законами, мы современем приобретаем высшую степень уверенности в том, что не существует ни одного противоречащего ему случая ¹⁾.

Настоящая наука, руководящаяся правильным методом, бывает несравненно лучше вооружена знанием отдельных встречающихся случаев и их исхода, чем любое дилеттантское знание, случайно накопившееся в опыте одного человека. (Очень часто приходится слышать совершенно неловкие утверждения по поводу того, что высказывает наука о каком-либо данном случае. Подобные неверные и бессмысленные суждения по поводу того, что наука якобы утверждает и чему она учит, особенно часто встречаются в социальной политике и в учении о морали. Скрытая, лишь редко сознаваемая причина таких ошибок заключается обыкновенно в смешении предварительных пробных гипотез с твердо доказанными законами. Часто встречается представление, будто наука строит лишь необоснованные гипотезы и этими гипотезами дает себя вводить в заблуждение. Но, согласно только что сказанному о настоящем научном методе, истинная наука есть не что иное, как методически и сознательно усовершенствованный и очищенный опыт, опыт, гораздо более полный и надежный, чем всякий случайно накопленный опыт отдельного не-методически действующего человека. Поэтому-то мы и должны оказывать больше всего доверия и придавать больше всего значения настоящей науке.

При разрешении нашей задачи—отыскании законов отдельных явлений природы—мы прежде всего должны направить наши усилия на отыскание законов возможно общих, т.-е. таких, которые дают нам возможность понимать возможно большее число отдельных случаев. Чем больше нам это удастся, тем глубже распространяется наше знание. Зная закон какого-либо класса явлений, мы сумеем заранее указать, каков будет исход при наступлении тех или иных условий, а во многих случаях мы сможем даже выбрать условия так, чтобы наступил желаемый нами результат. Таким образом, правильное знание законов имеет не только теоретическое значение для человеческого разума и для понимания всеобщей взаимной связи, но и огромное практическое значение. Вся наша власть над природой и ее силами, столь возросшая за последнее столетие, вытекает именно из этого знания законов ²⁾.

Поскольку мы обладаем знанием законов, мы можем достигнуть двух важных результатов: мы можем, во-первых, знать заранее, что произойдет при данных условиях. а это, как известно,—

¹⁾ Противоречия сводятся к тому, что всякий закон имеет определенные границы, в которых он верен и которые выясняются только в процессе работы.

Прим. ред.

²⁾ Знание законов дает нам свободу действий в направлении процессов, не зависящих от нашего сознания, в желаемом направлении. *Прим. ред.*

единственный истинный дар пророчества, данный человеку. Бсякое предсказание, опирающееся на совершенное знание законов и условий, при которых законы в данном случае могут проявлять свое действие,—действительно будет надежным и скажет нам, что произойдет. Во-вторых, что еще важнее, мы благодаря такому предварительному знанию законов в состоянии заставлять силы природы работать на нас по нашей воле и желанию. Все развитие промышленности в новейшее время и все связанные с этим изменения в формах человеческой жизни и деятельности существенно зависят от этого нашего господства над силами природы.

ДЖ. ДАРВИН.

Эволюция в неорганическом мире ¹⁾.

(Перев. А. И. Смирнова)

1.

Бартоломей Диас, открывший мыс Бурь - , употребил на свое путешествие 16 месяцев, а маленькая флотилия Васко да Гамы, отплывшая из Лиссабона 3 июля 1497 г., достигла того же мыса в половине ноября. Эти смельчаки, пустившиеся на своих утлых рыбацких суденышках в неведомые страны, с одинаковой отвагой выдержали и опасности на море и нападения дикарей. Насколько велики были опасности, связанные с подобного рода путешествием, можно судить по тому, что менее половины людей, отплывших с Васко да Гамой, остались в живых и вернулись в Лиссабон. Прошло 408 лет после этого путешествия, и судно в 13.000 тонн доставило нас сюда, с комфортом и полной безопасностью в срок немногим более двух недель.

Какой поразительный контраст между этими двумя фактами! С одной стороны, сравните отвагу, выносливость и стойкость прежних мореплавателей с тем немногим, что потребовалось от нас; с другой стороны, представьте себе, насколько увеличилась власть человека над силами природы за протекшие четыре столетия. Способность к героизму в людях, вероятно, не уменьшилась, но, несомненно, стали значительно реже случаи, когда она от нас требуется. Если мы и герои, то во всяком случае лишь немногие из нас имеют когда-либо возможность проявить свой героизм, и, читая рассказы о прежних отважных подвигах, нам трудно бывает отделаться от неприятной мысли, что, несмотря на наши хваленые изобретения в области техники, мы, быть может, являемся вырождающимися потомками наших великих предков.

¹⁾ Речь на съезде Британской Ассоциации в Кэптауне и Иоганнесбурге. (1905 год)

²⁾ Теперь мыс Доброй Надежды.

Но мысль, что современность менее романтична и героична, чем прошлое, несет в себе и некоторое утешение: ведь это значит, что жребий людской стал легче, чем прежде. Человечество с полным правом может гордиться тем, что прогресс этот является плодом сменяющих друг друга усилий каждого поколения, стремящегося внести и свою долю в наследие знаний, переданное ему его предшественниками.

Поэтому мы как бы рождены для пользования духовным богатством, накопленным веками гения и труда.

Как мне передавали, фраза „я хочу знать“ утратила в Соединенных Штатах свое первоначальное простое значение и стала просто восклицанием, выражающим удивление. Подобное условное выражение могло пойти в ход только среди народа, стремящегося к знанию. Господство европейской расы в Америке, Австралии и Южной Африке объясняется, конечно, многими причинами, но, пожалуй, самая главная из них—та, что мы не только „хотим знать“, но и твердо решили достигнуть знания. А за последнюю четверть века, мы приветствовали вступление в ряды „стремящихся к знанию“ и еще одной восточной расы, уже доказавшей свою мощь в мирной области знания.

Таким образом приглашение нас сюда я толкую как ваше желание узнать то, что действительно стоит знать; мы же прибыли сюда, желая поближе познакомиться с вами, научиться тому, что вы имеете сказать нам, и посмотреть Южную Африку, о которой мы уже много слышали.

Предложенное вами гостеприимство так щедро, а организованные вами для нас экскурсии настолько широки, что наблюдатель-цивик не устоит против искушения описать наше собрание как грандиознейший из когда-либо устроенных пикников. Мы, правда, от всей души готовы наслаждаться этим пикником, но все же по адресу наблюдателя-цивика, если таковой здесь найдется, я замечу, что, пожалуй, самым важным в наших заседаниях является предоставляемая ими возможность личного общения между людьми одинакового образа мыслей, живущими в удаленнейших друг от друга уголках земного шара.

Мы пронесемся по вашей стране с быстротой и аппетитами стаи саранчи; но, в противоположность саранче, мы, надеюсь, оставим после себя прочные следы в виде стимулов к усиленной научной и педагогической деятельности, независимо от того, способны ли мы, пришельцы из Европы, достойно выполнить высокую роль пророков науки. Мы приложим все усилия доставить вам полное удовлетворение своей игрой на той обширной сцене, на которую вы нас пригласили, и если, после нашего отъезда, вы в разговорах между собой и назовете наше исполнение жалким, все же факт останется фактом: этот съезд воплотил в материальной форме общее желание, чтобы прогресс этой страны не носил исключительного материального характера; а в самом этом пожелании уже заложена гарантия его исполнения. Как бы ни были незна-

чительны осязательные результаты нашего съезда, мы всегда будем гордиться своим участием в ваших порывах к прогрессу науки.

Мы не знаем, останутся ли последние сто лет навсегда в памяти человечества как „удивительный век“ открытий, или же они служат лишь предюдией к еще более полным чудес векам. Для нас, ныне живущих и почти каждый год нашей жизни являющихся свидетелями какого-нибудь нового чуда в области открытий или изобретений, темп развития знания представляется поистине изумительным; но с более широкой точки зрения масштаб времени имеет сравнительно неважное значение: вселенная не торопится в процессе своей работы. Медленно ли или быстро совершаются наблюдаемые нами перемены, они составляют лишь часть длинной последовательной цепи событий, начинающейся в неизмеримо отдаленном прошлом и тянущейся к какому-то концу, которого мы не можем предвидеть. Поэтому человеческий ум всегда будет с глубоким интересом следить за последовательностью причин и следствий в этой цепи событий, составляющих историю земли и всего на ней живущего, и углубляться в проблему происхождения и будущей судьбы живых существ и планет, солнц и звезд. В моей речи я попробую изложить некоторые попытки построения теорий, относящихся к области эволюции. Выбор этой темы почти принудительно налагается на меня областью моих собственных научных работ и к тому же оправдывается, думается мне, именем, которое я ношу. Моя вина и ваше несчастье, если мне не удастся сообщить вам хотя бы часть интереса, естественно присущего подобного рода исследованиям.

При построении теории эволюции мы пытаемся восстановить историю прошлого на основании фактов настоящего. Историк человечества с одной стороны имеет перед эволюционистом то преимущество, что он может опереться на письменные данные о прошлом. Умение выделить правду из массы противоречивых свидетельств часто требует очень высоких интеллектуальных способностей; но, все-таки, когда эта цель достигнута, историку предстоит еще превратить сухой скелет фактов в живое целое, облекая его плотью человеческих мотивов и импульсов. Для этой части своей работы историк нуждается в той способности проникать в душу других людей, которая, в числе других качеств, создает поэта. Таким образом историк должен обладать не только терпением ученого при анализе фактов, но и воображением поэта для проникновения в их внутренний смысл. Сочетание двух этих качеств в одинаково совершенно развитой форме встречается редко, и, проанализировав труды великих историков, нетрудно было бы установить преобладание у каждого из них той или иной из этих черт.

Эволюционисту не приходится бороться с трудностями проникновения во внутреннюю жизнь человека, но и ему нужно воображение, хотя и несколько иного характера, чем историку. В низшей своей форме его воображение близко к воображению сыскного агента, восстанавливающего историю какого-либо пре-

ступления: в высшей своей форме оно требует способности отрешаться от всех остатков условностей и воспитания и создавать мысленно некоторую картину, раньше никогда не представлявшуюся человеческому уму. В каждом данном случае эволюционист должен создать теорию для объяснения имеющихся перед ним фактов, и крупного теоретика можно отличить от фантазирующего глупца только по трезвости его суждения, качеству, отсутствие которого делает первый из этих двух типов столь редким, а второй—слишком частым.

Критерием научной теории служит количество фактов, группируемых ею в некоторое связное целое; кроме того, она должна быть плодотворна в указании путей к открытию и координированию новых и прежде не подозреваемых фактов. Таким образом хорошая теория является своего рода энциклопедией знания, которую можно сколько угодно пополнять путем добавления новых томов.

Едва ли существует хоть одна теория, всецело верная, а многие не до конца ложны. Какая-нибудь теория может быть ошибочной по существу и все-таки указывать путь к истине, оправдывая тем свое временное существование. Поэтому мы не должны целиком отвергать ту или другую из двух соперничающих теорий на том только основании, что при теперешнем состоянии наших знаний они представляются друг с другом несовместимыми: обе они могут содержать важные элементы истины. Теории, составляющие предмет моей дальнейшей речи, часто могут показаться с нашей современной точки зрения противоречивыми. И все-таки нам не следует быть слишком щепетильными; мы должны проследить различные расходящиеся линии мысли до их логических выводов, предоставив будущим открытиям выделить из них ложные элементы и примирить истины, входящие составной частью в каждую из них.

В устах профана слово „эволюция“ часто служит почти синонимом эволюции различных видов животных на земле, а эта последняя в свою очередь часто отождествляется с теорией естественного отбора. Но люди, осведомленные в истории научных идей, конечно, знают, что представление о постепенных и правильных преобразованиях, совершающихся в живой и мертвой природе, восходит к глубокой древности.

Факты, лежащие в основе теорий эволюции, можно сравнить с беспорядочной кучей отдельных бус, из которой зоркий искатель истины извлекает и нанизывает вместе наиболее бросающиеся ему в глаза по своему кажущемуся сходству. До недавнего времени теории эволюции обоих царств природы носили частичный и несвязный характер, а сообразно с этим и цепи фактов отличались неполнотою и изобиловали пробелами. Наконец теория естественного отбора, дав формулировку причин расхождения форм в органическом мире от родительского корня, предоставила в распоряжение натуралиста орудие, с помощью которого он стал исследовать разрозненную массу имевшихся перед ним фактов и получил

таким образом возможность достигнуть многого в смысле раскрытия порядка и системы там, где прежде царил хаос; но внесение полного и окончательного порядка в этот хаос, вероятно, навсегда останется задачей, неразрешимой даже для самого глубокого исследователя.

Эта новая идея эволюции несла в себе столько света, что когда с ее помощью была подвергнута постепенному новому обследованию вся природа в целом, то выплыли тысячи новых фактов, нашедших свое надлежащее место в ожерелье знания. Переворот, вызванный этим новым воззрением, захватил настолько широкую область, что почти оправдал неправильное представление широких кругов относительно времени возникновения в человеческом уме учений об эволюции.

Я не задаюсь целью, да и некомпетентен разбираться в вопросе, в какой мере теория естественного отбора нуждалась в изменениях с того времени, как впервые была сформулирована моим отцом и Уоллесом. Но я с полным правом могу утверждать, что общий ее принцип прочно сохранил свое место, как одно из навсегда незыблемых приобретений человеческой мысли.

Эволюционные теории, касающиеся неодушевленной природы, хотя и значительно более древни, чем теории эволюции живых существ, также испытали на себе глубокое влияние импульса, о котором я только что говорил. Благодаря этому происхождение и история химических элементов и звездных систем занимают теперь значительно больше места в науке, чем раньше. В своей сегодняшней речи я предполагаю рассмотреть, в какой мере идеи, аналогичные тем, что столь много дали для разъяснения проблем жизни, пригодны также и для мира материи; и, я надеюсь, можно будет показать, что в этом отношении между двумя царствами природы существует сходство не только воображаемое. Уместно будет добавить, что рассмотрению того же вопроса с аналогичной точки зрения была посвящена вышедшая еще в 1873 г. книга барона Карла дю-Преля под заглавием „Борьба за существование в небе“ („Der Kampf ums Dasein im Himmel“; zweite Auflage, Berlin, 1876).

Хотя движения неодушевленной материи совершаются под действием сил, неизмеримо более простых по сравнению с силами, управляющими живыми существами, тем не менее проблемы физика и астронома едва ли менее сложны, чем проблемы, выдвигающиеся перед биологом. Тайна жизни остается столь же непроницаемой, как и прежде, и в своих эволюционных построениях биолог и не пытается объяснить самую жизнь, но, беря за отправную единицу животный организм, как некоторое целое, рассматривает его отношения к другим животным и к окружающей среде. Физик же неизбежно приходит к построению теорий о тончайшем строении предельных частиц материи; кроме того, его влечет связать прошлую историю и будущие судьбы планет, звезд и туманностей. Если же построения физика представляются в некоторых отношениях менее совершенными по сравнению с построениями биолога, то это объясняется его большей требовательностью по отношению к своим

целям. Физики и астрономы еще не открыли своих Кимберлея и Иоганнесбурга; но хотя мы все еще остаемся простыми разведывателями россыпей, я предполагаю показать вам кое-какие крупинцы алмазной пыли и настоящих алмазов, извлеченные нами из наших неглубоких копей.

Основной идеей теории естественного отбора является идея устойчивости типов жизни, приспособившихся к окружающим условиям, и устранения, путем истребления, типов плохо приспособленных. Борьба за существование между формами, обладающими большей или меньшей приспособленностью к медленно меняющимся условиям, служит для объяснения постепенного превращения видов. Хотя, по отношению к миру физическому мы употребляем другие выражения, но идея по существу остается той же самой.

Точку зрения ¹⁾, с которой я прошу вас рассматривать явления мира материи, лучше всего разъяснить на примере из области политических учреждений: все мы смыслим или считаем себя сведущими в политике, тогда как с проблемами физики мы обыкновенно знакомы значительно меньше. Пример этот удобен и в том отношении, что послужит не простым сравнением, но будет заключать в себе основную концепцию о природе эволюции.

Сложные взаимные отношения людей в обществе характеризуются обыкновенно терминами государство, республика или правительство, правление. Различные государства значительно отличаются друг от друга по своему политическому строю, по степени сложности своей организации, и мы классифицируем их под различными терминами, как то: самодержавие, аристократия, демократия, выражающими несколько неопределенно их главные характерные черты. (Но чтобы провести аналогию с физикой, нам нужны термины более широкого значения, чем обыкновенно употребляемые в политике. Всякая форма государства предполагает взаимозависимость в действиях людей, а действие предполагает активность. Поэтому государство можно определить как внешнюю форму (конфигурацию) или устройство некоторой человеческой общины; или мы можем сказать, что оно предполагает определенный способ движений человека, т.-е. организованную схему воздействия человека на человека. Политическая история рассказывает нам о постепенных изменениях в таких конфигурациях или способах движения людей, которые обладали способностью к сопротивлению или устойчивости и не поддавались разлагающему влиянию окружающих условий.

В мире жизни натуралист называет устойчивые и сохраняющиеся формы видами; подобным же образом физик говорит об устойчивых внешних формах (конфигурациях) или способах движения материи, а политик говорит о государствах. В основе всех этих представлений лежит идея устойчивости или способности

¹⁾ Очень интересная параллель между явлениями общественной жизни и процессами в неорганической природе, встреченная весьма недружелюбно и вызвавшая ряд ожесточенных нападов на автора. *Прим. ред.*

сопротивляться разложению. Другими словами, степень устойчивости или постоянства видов внешних форм (конфигураций) материи или государства зависит от совершенства их приспособления к окружающим условиям.

Если мы проследим историю какого-либо государства, то заметим, что степень его устойчивости постепенно меняется, медленно поднимается до максимума, а затем медленно падает. Когда она доходит до нуля, наступает революция, и устанавливается новая форма правления, новый политический строй. Новый способ движения, или новая форма правления обладает в начале лишь незначительной устойчивостью, но постепенно приобретает крепость и постоянство, пока в свою очередь медленный упадок устойчивости не приводит к новой революции.

Подобные кризисы в политической истории могут создать такое положение вещей, когда государство оказывается неспособным к продолжению существования путем преобразований. Это происходит, например, когда какое-нибудь племя дикарей почти истребляет другое племя, а немногих оставшихся в живых уводит в рабство; тогда предшествовавшая форма правления погибает.

Физик, подобно биологу и историку, прослеживает результаты медленно меняющихся внешних условий: он видит, что стойкость или устойчивость постепенно понижается, пока не исчезает совершенно, когда наступает то, что в политике называется революцией.

Эти соображения заставляют меня высказать сомнение, правы ли были биологи в своих поисках непрерывного превращения видов. Судя по аналогии, мы скорее должны были бы ожидать небольших изменений в течение долгого периода времени, за которыми следует или некоторого рода внезапное превращение в новые виды или быстрая гибель. Как бы то ни было, когда устойчивость какой-либо формы движения исчезает, физик или находит, что она сменялась некоторой новой более стойкой формой движения, приспособленной к изменившимся условиям, или, быть может, что такое превращение невозможно и что прежняя форма движения перестала существовать. Исчезающий тип органической жизни часто оказывался сохраненным для нас в виде окаменелостей в геологических пластах: исчезающий политический строй сохраняется в письменных памятниках или в обычаях диких племен; физику же приходится производить свои изыскания без подобных полезных вех в области прошлого.

Скалу времени, требующегося для превращения животных видов, дает нам геологическая летопись, хотя эта летопись и не поддается выражению в годах ¹⁾. Как мы увидим дальше, время,

¹⁾ В последнее время успехи в области учения о радиоактивных веществах позволили со значительно большей степенью точности определять возрасты различных горных пород на основании известных теперь количеств гелия, выделяемых при радиоактивном распаде. Можно по количеству гелия, который необходимо искусственными способами выделять из горных пород, и по количеству радиоактивных веществ, находящихся в данной породе, определить довольно точно ее возраст. *Прим. ред.*

необходимое для изменения типа атомов или молекул, может быть измеряемо миллионными долями секунды, тогда как в истории звезд непрерывные изменения могут требовать миллионов лет. Несмотря на такой колоссальный контраст в скорости, процессы в обоих случаях, насколько можно судить, по существу совершенно одинаковы.

Без преувеличения можно сказать, что если бы можно было точно формулировать для всей вселенной условия, определяющие устойчивость движения, то перед нами раскрылась бы прошлая история космоса и его будущие судьбы. Но из последующей части моей речи будет ясно, насколько бесконечно далеки мы от такого уровня знаний.

Итак, изучение устойчивости и неустойчивости выдвигает перед нами проблемы, на разрешение которых направлены усилия как биологов, так и физиков. Эти две категории проблем принципиально отличаются одна от другой тем, что условия существования мира живых организмов настолько сложнее и запутаннее условий бытия неодушевленной материи, что биолог вынужден отказаться от попыток определить абсолютную сумму влияния различных причин, оказывавших воздействие на существование видов. Его выводы носят чисто качественный и общий характер, и он почти во всех случаях по необходимости должен бывает воздержаться от установления, даже в общих чертах, причин, придавших одной форме органической жизни устойчивость и постоянство, а другую приведших к неустойчивости и вымиранию.

С другой стороны, физик, вообще говоря, не успокаивается до тех пор, пока не добивается количественной оценки различных причин и следствий, оказывающих влияние на изучаемые им материальные системы. Однако в некоторых проблемах физической эволюции условия бывают настолько сложны, что физик, подобно биологу, оказывается вынужденным довольствоваться скорее качественными, чем количественными выводами. Но делает он это лишь в крайних случаях, обыкновенно предпочитая прибегать к иному методу.

Математик мысленно конструирует идеальную механическую систему, или модель, предназначенную для воспроизведения в главных чертах изучаемой им системы. Придумать такую модель часто бывает чрезвычайно трудно, и исследователь может случайно бессознательно опустить, как не имеющую важности деталь, нечто, фактически существенно необходимое для воспроизведения действительности. Затем он анализирует условия своей идеальной системы и определяет, если может, все возможные устойчивые и неустойчивые внешние формы (конфигурации), а также обстоятельства, обуславливающие переход от одной из них к другой. Но даже при удачно придуманной модели последняя только что упомянутая задача может оказаться непосильной для математика. В заключение ему остается только приложить полученные им результаты к реальной материи и решить, насколько он в праве истолковывать природу, исходя из этих результатов.

Остальная часть моей речи будет посвящена различным исследованиям, иллюстрирующим принципы и методы, только что мною изложенные в общих чертах.

Увлекательное представление о том, что виды материи имеют общий субстрат, восходит к отдаленной древности. В средние века алхимики, вдохновляемые этой идеей, считали возможным превращение неблагородных металлов в золото. Единственным препятствием на этом пути им представлялась трудность найти подходящие химические приемы. Мы теперь знаем, что они были бесконечно далеки от своей цели, но все же должны воздать им должное, как пионерам современной химии.

Задачей алхимии, в переводе на наш современный язык, являлось расщепление или разложение атомов какого-либо химического элемента на его составные части, а затем воссоединение их в виде атомов золота. Хотя даже разложение атома все еще далеко не по силам химику, тем не менее новейшие исследования, повидимому, дают достаточно ясное представление о строении атомов, позволяя установить, что следует сделать для осуществления превращения элементов. В самом деле, в сложных изменениях, происходящих самопроизвольно в уране, радии и родственных им металлах, мы, быть может, наблюдаем не что иное, как самопроизвольную диссоциацию и превращение элементов.¹⁾

Естественный отбор с первого взгляда может показаться бесконечно далеким от идей алхимиков; но все-таки диссоциация и превращение обуславливаются неустойчивостью и восстановлением устойчивости атома, а в основе выживания устойчивого атома лежит принцип естественного отбора.

Еще лет десять назад разнородность существа химических элементов принималась химиками как окончательный факт, да и самое название „атом“, т.-е. неделимое, давалось предполагаемой конечной неделимой доле материи. Таким образом, химик шел здесь в значительной степени тем же путем, что биолог, который, изучая эволюцию, принимает виды в качестве некоторых своих рабочих единиц. Поэтому до недавнего времени химик имел дело с рабочими моделями материи атомистического строения, и обширное здание современной химии было выстроено из атомных кирпичей.

Но за последние несколько лет исследования в области электричества Ленара, Рентгена, Беккереля, супругов Кюри, моих коллег Лармора и Томсона и ряда других показали, что атом не есть нечто неделимое²⁾, и благодаря этим исследованиям вопрос о строении материи был значительно освещен. Среди этих пло-

¹⁾ В 1919 году Рутерфорду с помощью радиоактивных явлений удалось добиться разложения атомов нерадиоактивных тел.

²⁾ Догмат неделимости атома не играл никогда в науке никакой роли: его не признавали даже первые атомисты, поставившие атомную теорию на строго научную почву меры и числа (Дальтон, Вильям, Прютт и др.).

творных исследователей первое место, по моему мнению, принадлежит Томсону: главным образом, благодаря именно его работам, мы в настоящее время лучше, чем это было возможно прежде, в состоянии нарисовать себе картину строения атома.

Если б даже я и обладал знаниями, необходимыми для полного изложения этих исследований, недостаток времени заставил бы меня ограничиться лишь некоторыми, сторонами данного вопроса, имеющими отношение к строению и происхождению элементов.

Как я уже говорил, было доказано, что атом, считавшийся прежде неделимым, в действительности слагается из значительного числа составных частей. Рядом сходящихся по своим результатам опытов было установлено, что простейший из всех атомов, атом водорода, состоит приблизительно из 800 отдельных частей ¹⁾, число же составных частей атома более плотных металлов должно определяться десятками тысяч. Эти отдельные части атома получили название корпускул или электронов и могут быть характеризованы как частицы отрицательного электричества. Как это ни звучит парадоксально, но тем не менее с полным основанием можно сказать, что об этих ультра-атомических корпускулах физик знает больше и может сосчитать их с большою легкостью, чем самые атомы, частями которых они являются.

Корпускулы, будучи заряжены отрицательным электричеством, отталкивают одна другую совершенно так же, как отталкивают друг друга волосы на голове, если провести по ним каучуковым гребнем. Механизм, благодаря которому взаимное отталкивание отрицательных частиц не приводит к расщеплению атома, пока еще не ясен, но в атоме должен существовать положительный электрический заряд или нечто ему равносильное, предохраняющее атом от разрыва. Наличие в атоме указанной совокупности отрицательных частиц установлена с полной достоверностью, и мы знаем далее, что они движутся со скоростями, приближающимися в некоторых случаях к скорости света а именно—200.000 миль в секунду. Но механизм, удерживающий их вместе в виде некоторой группы, еще гипотетичен.

Всего год назад Томсон, в целях наглядного воспроизведения атома, предложил механическую или электрическую модель, свойства которой поддавались точному изучению с помощью математических методов. Он первый признал, что его модель в лучшем случае есть лишь грубое воспроизведение действительности, но все же ему удалось показать, что подобный атом должен обладать механическими и электрическими свойствами, с „почти

¹⁾ В настоящее время непосредственными опытами доказано, что это не так, что число электронов в атоме приблизительно равно величине атомного веса, деленного пополам: так напр., у гелия (атомный вес—4), число электронов —2, кроме тех электронов, какие могут быть в самом ядре атома. У водорода в атоме имеется, повидимому, один электрон. В то время, когда Дарвин читал свою речь, вопрос о строении атома был только что поставлен. *Прим. ред.*

дьявольской точностью“, по выражению Ветгема, симулирующими некоторые из наиболее темных, но наиболее основных свойств химических элементов. *Si non è vero, è ben trovato*, и мы, конечно, в праве думать, что обладаем, наконец, ключом, который тщетно искали алхимики.

Атом Томсона¹⁾ состоит из шара, заряженного положительным электричеством, внутри которого находятся тысяча или тысячи корпускул отрицательного электричества, с большой скоростью вращающихся по правильным орбитам. Так как два одноименные электрические заряда отталкивают друг друга, а разноименные друг друга притягивают, то корпускулы взаимно отталкиваются, но все притягиваются вмещающим их шаром. Силы, вызванные в действие этими электрическими взаимодействиями, чрезвычайно сложны, и вас не удивит, что Томсон счел себя вынужденным ограничить свое детальное изучение модели атома атомом, содержащим всего около 70 частиц.

Определение механических условий такой миниатюрной планетной системы, как только что описанная, можно поистине считать триумфом математических способностей.

Повидимому, вообще говоря, существуют определенные расположения орбит, по которым должны вращаться корпускулы, чтобы движения их отличались постоянством и устойчивостью. Но число корпускул в подобном сообществе не вполне фиксировано²⁾. Легко себе представить, что в солнечной системе мы могли бы прибавить одну малую планету или даже полдюжины их, не внося никаких материальных нарушений в целое; но прибавить сотню планет с общей массой, равной массе Юпитера, было бы невозможно без дезорганизации солнечной системы. Так же точно мы могли бы без каких-либо глубоких возмущений прибавить к какому-нибудь атому или отнять от него три или четыре корпускулы из системы, содержащей тысячу корпускул, движущихся по правильным орбитам. Так как каждое расположение орбит соответствует атому некоторого определенного элемента, то мы можем сказать, что прибавление к атому или отнятие от него нескольких корпускул не вызовет превращения элементов. Атом, обладающий неполным комплектом полагающихся ему корпускул,—а все они, как вы помните, отрицательны,—будет заряжен положительно, атом же с избытком

¹⁾ В настоящее время все имеющиеся опыты говорят, что атом построен не по первоначальной схеме, данной Томсоном. Гораздо вероятнее модель Рутерфорда, по которой центральное ядро атома, имеющее положительный заряд, очень невелико. Вокруг этого ядра вращаются электроны на подобие планет вокруг солнца (подробнее см. статью Ч. Дарвина (сына автора настоящей статьи) во II выпуске настоящего сборника).

Прим. ред.

²⁾ Эти соображения верны и для новой модели атома, предложенной Рутерфордом. Вопрос об устойчивости орбит тесно связан с так называемой теорией квантов. Это—одна из текущих задач современной физики.

Прим. ред.

корпускул будет заряжен отрицательно¹⁾. Я указал на возможность недостатка или избытка корпускул ввиду большой важности этой стороны теории Томсона: но так как этот момент не связан с точкой зрения, которую я предполагаю развить, то в дальнейшем я буду иметь в виду лишь нормальное или среднее число в каком-либо расположении корпускул. Исходя из этого, можно сказать, что определенное число корпускул способно соединяться в устойчивые сообщества определенных типов.

Возможно представить себе бесконечное множество сообществ, обладающих большей или меньшей устойчивостью. Орбиты корпускул в том или ином из таких сообществ могут претерпеть тысячу изменений прежде, чем обнаружится неустойчивость: тот или иной атом может существовать и сохраняться в течение долгого времени, если измерять время миллионными долями секунды, но в конце концов он должен распасться, а корпускулы—рассеяться или перегруппироваться, после того как некоторые из них окажутся выброшенными из системы. Таким образом мы приходим к допущению, что различные химические элементы представляют собой различные виды сообществ корпускул, доказавших своей устойчивостью успешность своей борьбы за существование. А если это так, то почти невозможно себе представить, чтобы удачливые виды существовали всегда, и мы должны принять, что они возникли при известных условиях.

Я, однако, не последую за сэром Норманом Локиером в его умозрениях относительно этих условий (см. его „Inorganic evolution“. Macmillan, 1900).

Но если элементы не были вечны в прошлом, мы должны поставить вопрос, есть ли основания полагать, что они будут вечны в будущем. Хотя представление о вырождении того или иного элемента и его самопроизвольном превращении в другой до самого недавнего времени, повидимому, безусловно отвергалось химиками, тем не менее аналогия с другими подвижными системами проводит нас как будто к предположению, что элементы не вечны.

Во всяком случае интересно проследить до конца историю атома-модели, с таким успехом воспроизводящего свойства материи. Законы, регулирующие движение электричества, показывают, что такой атом должен излучать или терять энергию, а поэтому с течением времени, подобно часам, должен исчерпать весь свой запас энергии²⁾. При наступлении этого момента он самопроизвольно превратится в другой элемент, требующий меньше энергии, чем первый. Томсон полагает, что по его модели можно было бы построить такой атом, вырождение и упадок которого совершались

¹⁾ Описанный здесь процесс носит название ионизации: он не влечет за собой распада атомов. Выбивание или выделение зарядов из ядра атома сопровождается коренным изменением химических свойств. Это будет процесс превращения одного элемента в другой. *Прим. ред.*

²⁾ Это и есть так называемая внутри-атомная энергия, размеры которой установлены для некоторых случаев Рутерфордом. *Прим. ред.*

бы очень медленно. Его можно было бы завести на миллионы лет, но не на вечные времена.

Подобный вывод абсолютно противоречит всему, что до последнего времени было известно об элементах: в них не замечается вырождения, и элементы, встречающиеся в солнечной системе, должны были существовать миллионы лет. Тем не менее есть достаточные основания полагать, что в ради и других элементах с очень сложными атомами мы действительно наблюдаем распад и самопроизвольные перегруппировки, составляющие отличный признак превращения элементов.

Мы до сих пор еще не можем сказать, как разрешит наука это затруднение, но будущие открытия в этой области несомненно будут представлять глубокий интерес. Вполне может случиться, что очерченное мною направление мысли, в конце концов, окажет глубокое влияние на материальную сторону человеческой жизни, сколь оно, на первый взгляд, ни далеко в настоящий момент от нашей обыденной жизни.

До сих пор я еще не пытался дать вам представление о чрезвычайно малых размерах корпускул, в существовании которых мы теперь твердо уверены; но в качестве введения к моему дальнейшему изложению сделать это необходимо. Чтобы получить точное представление об их величине, мы должны обратиться к схеме тройного увеличения. Как доказал лорд Кельвин, если каплю воды увеличить до размеров земного шара, то молекулы воды по своим размерам будут занимать середину между крикетным шаром и мраморным шариком для детской игры. Каждая молекула содержит три атома: два водородных и один кислородный. Молекулярная система, вероятно, до известной степени напоминает тройную звезду; три атома, заменяющие собою звезды, вращаются друг около друга в некоторого рода танце, не поддающемся точному описанию. Я сомневаюсь в возможности установить, какую часть пространства, занимаемого всей молекулой, занимают атомы; но, быть может, они находятся к молекуле в таком же отношении, как молекула к упомянутой выше капле воды ¹⁾. Наконец, корпускулы по своей величине могут стоять в подобном же отношении к атому. Поэтому, чтобы привести эти предельные части атома к нашим обычным масштабам измерения, надо прибегнуть к тройному увеличению.

Я уже указывал, что можно было бы наблюдать под микроскопом с тройным увеличением, и должен теперь вернуться к промежуточной степени увеличения, при которой мы рассматриваем

¹⁾ Последние исследования Рутерфорда и его учеников дают более определенные величины для размеров атомной системы. Если ядро и электроны, которые по размерам несколько больше положительного ядра, изобразить горошинками, то внутренние кольца, по которым вращаются электроны, надо будет изобразить в этом масштабе кругами в 10 метров в поперечнике, а наружные будут иметь размеры трамвайного кольца Б в Москве (линия Садовой).

сообщества атомов, образующих молекулы. Это—уже область химических исследований. Хотя мне благоразумнее было бы не касаться предмета, столь мало мне знакомого, тем не менее я не могу не сказать нескольких слов.

Сообщество атомов, образующих молекулу воды, я сравнил с тройной звездой, но химикам известны и другие сообщества, в которых атомы насчитываются полусотнями и сотнями, напоминая созвездия.

Я полагаю, что и здесь мы опять встречаемся с условиями, аналогичными тем, какие мы предположили для атома. Сообщества атомов называются химическими соединениями и, как мы знаем, обладают различной степенью устойчивости. Существование некоторых из них настолько кратковременно, что химик при своих лабораторных опытах может сохранить их в неприкосновенности всего какой-нибудь момент; другие настолько прочны, что он лишь с трудом может их разложить. Такое же непрерывное и самопроизвольное разложение подобных сообществ и воссоединение их в новые формы происходит во всем мире. Более постоянные или более стойкие соединения имеют успех в борьбе за существование и встречаются в природе в больших количествах, каковы, например, обыкновенная соль и соединения кремния. Но никто еще никогда не находил залежей нитроглицерина и хлопчатобумажного пороха, отличающегося малой устойчивостью. Если, благодаря случайному сочетанию элементов, и образуется молекула нитроглицерина, то существование ее бывает кратковременно.

Далее, устойчивость есть свойство, характеризующее известные соотношения с окружающей средой; она указывает на приспособление к среде. Так, соль приспособлена к борьбе за существование на земле, но она не может устоять против более суровых для нее условий на солнце.

2.

(Произнесено в Иоганнесбурге 30 августа 1905 г.).

До сих пор нас интересовали невообразимо малые тела, теперь же я намерен показать, что сходные условия имеют место и в более крупном масштабе.

С моей настоящей точки зрения можно рассматривать и многие геологические проблемы, но я, минуя их, сразу же перейду к астрономии, начав с величин самого малого космического масштаба и затем подвергнув анализу более крупные небесные тела и явления.

Проблемы космической эволюции настолько сложны, что правильнее будет подходить к ним одновременно с различных сторон и различными путями. Хотя некоторые теории могут показаться в известной степени противоречивыми, тем не менее, как я уже го-

ворил, мы не смущаясь должны довести каждую из них до ее логического конца. Мы можем быть уверены, что современем ложное будет устранено из каждой теории, а когда во всех них останется только истинное, то примирение кажущихся расхождений станет очевидным.

Много лет тому назад немецкий астроном *Бодэ* установил простой эмпирический закон расстояний различных планет, при их движении, от солнца. Правда, открытая после этого планета Нептун, как оказалось, находится далеко не на том месте, которое следовало бы ей по закону Бодэ, но все-таки формула последнего охватывает с полной точностью столь большое число случаев, что, надо думать, она действительно выражает некоторым образом первоначальные условия существования планетной системы.

Объяснение причин, лежащих в основе этого простого закона планетных расстояний, представляет интересную проблему, и, хотя она все еще не разрешена, мы можем несколько проникнуть в ее смысл, рассмотрев упомянутую мною выше идеально-простую рабочую модель.

Вообразите себе некоторое солнце, вокруг которого движется по кругу одна большая планета. Я назову эту планету Джов, так как ее можно рассматривать как *pendant* к самой большой из наших планет, Юпитеру. Предположите далее, что какой-то метеорит или малая планета выброшена совершенно произвольным образом в ту же плоскость, в которой движется Джов. Возникает вопрос, как будет двигаться это третье тело. Изложенные условия с первого взгляда кажутся простыми, но проблема оказалась настолько непосильной для математиков, что до сих пор на наш вопрос не было дано даже хоть сколько-нибудь приблизительного ответа. Мы знаем, впрочем, что под влиянием соединенных сил притяжения солнца и Джова метеорит будет, вообще говоря, описывать чрезвычайно сложную орбиту, то двигаясь медленно на большом расстоянии и от солнца и от Джова, то устремляясь на совсем близком расстоянии за одним или за другим. Находясь совсем близко от Джова или от солнца, он часто будет еле избегать катастрофы, но с течением времени, в конце концов, фактически столкнется или с тем или с другим. Тогда личная карьера метеорита завершится его поглощением и, конечно, гораздо больше шансов, что он найдет свою Нирвану, будучи поглощен солнцем.

Предположим затем, что вместо одного блуждающего метеорита или малой планеты имеются сотни их, движущихся первоначально во всех мыслимых направлениях. Так как все они, согласно нашему предположению, очень малы, то их взаимные притяжения будут незначительны, и каждый из них будет двигаться почти так, как если бы на него оказывали влияние только солнце и Джов. Большинство этих метеоритов будет поглощено солнцем, а меньшая часть столкнется с Джовом.

Если мы зададимся вопросом о возможной продолжительности карьеры такого метеорита, то мы найдем, что она зависит от на-

правления и скорости первоначально сообщенного ему толчка, и что при надлежащей комбинации условий мы можем по желанию на какое угодно время отсрочить окончательную катастрофу. Таким образом, придав этой отсрочке неопределенно долгий характер, мы приходим к представлению о метеорите вечно движущемся, никогда не сталкиваясь с каким-либо другим телом.

Следовательно, существуют известные постоянные орбиты, по которым метеорит или малая планета могут двигаться вечно, ни с чем не сталкиваясь. Но если такая бессмертная карьера и открылась для нашей малой планеты, остается еще выяснить, не станет ли малейшее возможное отклонение от предначертанной ей орбиты увеличиваться все более и более и в конце концов не приведет ли оно к столкновению с солнцем или Джовом, или же движения нашей планеты приобретут такой характер, что она на своем пути будет все время периодически пересекать вычисленную орбиту, всегда находясь по близости от нее. Если с течением времени увеличение первоначального незначительного отклонения неизбежно, то орбита является неустойчивой, если же, с другой стороны, оно ведет лишь к легким колебаниям в проходящем малой планеты пути, то орбита устойчива.

Таким образом мы приходим ко второму различию: существуют постоянные орбиты, некоторые же, и даже большинство, неустойчивы и не обещают вечной карьеры метеориту; но существуют и другие, постоянные орбиты—устойчивые и прочные. Неустойчивы те, которые не выдерживают борьбы за существование а устойчивы—виды, приспособившиеся к окружающей среде ¹⁾).

Итак, если нам дана система из некоторого солнца и большой планеты, вместе с роем мелких тел, движущихся по всевозможным путям, то солнце и планета станут увеличиваться путем нарастания, постепенно увлекая к себе пыль и сор системы; выживет также некоторое число малых планет и спутников, движущихся по известным определенным путям. Конечным результатом будет некоторая стройная планетная система, в которой различные орбиты сгруппированы и расположены по известному определенному закону.

Но даже и эта проблема, выдвигаемая подобной столь идеально простой системой, все еще далека от своего полного разрешения. Еще не открыто общего плана для определения постоянных орбит, а задача разграничения устойчивых и неустойчивых орбит чрезвычайно трудна. Но уже положено начало определению некоторых из поясов, окружающих солнце и Джов, в которых устойчивые орбиты возможны, и других, в которых они невозможны. Едва ли можно сомневаться, что если бы полное разрешение задачи для

¹⁾ В теории строения атома в настоящее время также установлены устойчивые орбиты, причем эти устойчивые орбиты отыскиваются при помощи правил теории квантов.

нашей солнечной системы было достижимо, мы нашли бы, что орбиты существующих планет и спутников относятся к числу устойчивых постоянных орбит, и таким образом получили бы точное механическое объяснение закона планетных расстояний Бодэ.

Нельзя не поражаться общим сходством проблемы корпускул, движущихся по орбитам внутри атома, с проблемой планет и спутников, движущихся внутри планетной системы. Даже не вдаваясь в чисто фантастические построения, можно вообразить себе, что некоторый общий математический метод, придуманный для решения проблемы космической эволюции, может найти себе применение и по отношению к миниатюрным атомическим системам, поведя таким образом к широкому развитию промышленной техники. Наука, при всем многообразии ее целей, представляет собой нечто единое, и ученые правильно предостерегают руководителей промышленности от пренебрежительного и невнимательного отношения к тем областям исследования, которые в настоящий момент кажутся бесконечно далекими от возможности практически-полезного применения.

Как вы помните, я касался вопроса, можно ли считать атомные сообщества корпускул абсолютно вечными; при этом я сказал, что аналогия с другими движущимися системами указывает в конечном счете на их смертность. Главная же аналогия, которую я имел в виду, это—аналогия с планетной системой.

Орбиты, о которых я говорил, бывают постоянны лишь в том случае, если масса тел бесконечно мала и если эти тела при своем движении не встречают сопротивления. Но бесконечно малого тела не существует, и лорд *Кельвин* и *Пуанкаре* единогласно утверждают, что в конце концов возмущение должно проникнуть в любую систему тел, даже движущихся по так называемым устойчивым орбитам; и это должно случиться даже независимо от сопротивления, оказываемого движущимся телам остатками какого-нибудь газа, которые, быть может, рассеяны в пространстве. Таким образом, устойчивость бывает только относительной, и планетная система носит в себе зародыши собственного разрушения. Но эта окончательная судьба не должна нас смущать ни с теоретической, ни с практической стороны, так как солнечная система носит в себе зародыши упадка другого рода, которые, возможно, принесут плоды значительно раньше, чем наступит какое-либо серьезное возмущение рассматриваемого нами сейчас порядка.

Прежде чем перейти к новому вопросу, я хочу воздать должное людям, которым мы обязаны новейшими крупными успехами в области теоретической динамической астрономии. Разрабатывавшаяся такими мастерами, как *Лагранж* и *Лаплас* и их преемниками, эта отрасль науки, казалось, не давала никаких новых отправных точек для дальнейших исследований. Но даже и на проторенных путях знания всегда остается место для открытий;

это блестяще доказал около тридцати лет назад *Гилль* из Вашингтона, предложивший в ряде статей, ставших классическими, новый метод разработки теории движения луны. У меня нет времени говорить об огромном труде и большом искусстве, положенных на завершение теории луны *Гилля Эрнестом Броуном*, которого я с удовольствием причисляю к своим ученикам и друзьям. Я должен обратиться к другим сторонам теории *Гилля*.

Заглавие наиболее основной работы *Гилля* „Об одной из составных частей движения лунного перигея“ почти комично по своей скромности: кто бы мог подозревать, что она включает существенные элементы для определения постоянных орбит и их устойчивости. Возможно, и сам *Гилль* в то время не вполне представлял себе всю важность им сделанного. К счастью, по его стопам пошел *Пуанкаре*, не только понявший все значение работы *Гилля*, но отдавший свои исключительные математические способности полному теоретическому развитию взгляда, мною вам изложенного.

Другие математики также внесли свои вклады в эту область исследования. Из них я назову моего друга м-ра *Гоу*, главного ассистента Королевской обсерватории Кэптауна, и себя самого. Но без работ наших двух великих предшественников мы все еще пребывали бы в полной тьме, и я не мог бы представить вам даже приведенного беглого изложения этого важного вопроса.

Изложенная мною теория объясняет происхождение солнца и планет постепенным их нарастанием вследствие поглощения метеоритов и не задается целью продолжить историю вглубь времен, далеко за пределы того времени, когда уже имелось некоторое центральное уплотнение или солнце, вокруг которого вращалось другое уплотненное тело или планета. Но более столетия тому назад была сделана попытка воспроизвести историю еще более отдаленного прошлого и, как мы увидим, эта попытка исходила из совершенно иного допущения относительно строения первоначальной солнечной системы. Лично я считаю, что изложенная мною только что теория, равно как и теория, к которой я сейчас перейду, содержат существенные элементы истины, и что кажущиеся расхождения между ними когда-нибудь найдут примирение. Я имею в виду знаменитую гипотезу туманностей, впервые высказанную немецким философом *Кантом*, а позднее, независимо от него и в лучшей форме, вновь выдвинутую французским математиком *Лапласом*.

Лаплас относил происхождение солнечной системы к туманности или облаку разреженного газа, скопившегося вокруг некоторого центрального уплотнения, которому суждено было в конце концов образовать солнце. Все это целое медленно вращалось вокруг некоторой оси, проходившей через его центр, и, под действием соединенного влияния вращения и взаимного притяжения газа, приняло форму шара, слегка приплюснутого у полюсов. Вероятность этого допущения подтверждается наблюдениями астро-

номов: они находят в небе много туманностей, а спектроскоп доказывает, что свет этих туманностей во всяком случае происходит от газа. Первоначальная шарообразная туманность, несомненно, представляет собой устойчивую или прочную фигуру, и, таким образом, гипотеза Лапласа согласуется с общими законами, которые я пытался изложить вам.

Туманность должна была постепенно охлаждаться вследствие излучения в пространство, а по мере такого охлаждения газ непременно должен был терять часть своей упругости или эластичности. Эта потеря способности к сопротивлению позволила газу ближе скопиться у центрального уплотнения, так что туманность сжалась. Сжатие это привело к двум результатам, неизбежно согласным с законами механики: во-первых, центральное уплотнение приобрело более высокую температуру; во-вторых, скорость его вращения возросла. Ускорение вращения вызвало увеличение сплющивания у полюсов, и туманность в конце концов приняла форму чечевицы или диска, более толстого в середине, чем по краям. Если принять существование первоначальной туманности, то в изложенных пределах эта гипотеза может быть признана фактически достоверной.

Но в дальнейшем возникают всякие сомнения и затруднения. Согласно предположению, туманность настолько сплюснулась, что уже не могла дольше существовать в виде непрерывного сплошного скопления газа и от ее экваториальных частей оторвалось кольцо материи. Центральные части туманности, освободившись от этого нароста, приняли более округлую форму, какую раньше имело все целое. По мере продолжения охлаждения, центральная часть в свою очередь стала чрезвычайно сплюсненной под влиянием ускоренного вращения; тогда от нее отделилось второе экваториальное кольцо, и обрисованный выше процесс повторился снова. Таким образом, вся туманность расщепилась на ряд колец, окружающих центральное уплотнение, температура которого с этого времени должна была достигнуть температуры каления.

Далее, каждое кольцо уплотнилось вокруг некоторого ядра, случайно оказавшегося в его окружности, и образовало таким образом вторичную, подчиненную туманность. Пройдя через ряд превращений, подобно своей родоначальнице, эта туманность в конце концов заменилась планетой с сопровождающими ее спутниками.

Весь этот процесс рисует нам величественную картину солнечной системы. Но механические условия вращения туманности слишком сложны и, пока что, не допускают полной математической разработки. Таким образом; обсуждая эту теорию, физик вынужден в значительной мере принять качественные методы биолога, а не более для него приемлемые количественные методы.

Телескоп как будто подтверждает общую правильность гипотезы Лапласа. Так, напр., большая туманность в созвездии Андромеды представляет пример того, что можно принять за планетную систему в процессе образования. В ней мы видим центральное

уплотнение, окруженное более или менее напоминающей кольцо туманностью, а в одном из колец заметно вторичное уплотнение.

Тем не менее, не вдаваясь в преувеличения, можно сказать, что каждая стадия в допускаемом нами процессе представляет для нас известные затруднения или невозможности. Так, возникает вопрос, может ли масса газа, почти невообразимо разреженного, действительно вращаться как одно целое, и не более ли вероятно, что в центре должен существовать водоворот, окруженный более медленно вращающимися частями. Далее, можно ли с достаточным основанием допустить, что ряд прерывистых усилий может вызвать отделение обособленных колец, и не более ли вероятно непрерывное стекание газа с экватора.

Идею его теории Лапласу внушило, повидимому, кольцо Сатурна; но, взяв его за образец, мы прямо же натолкнемся на капитальнейшее затруднение. Если вообще возможно концентрирование кольца материи под влиянием взаимного притяжения, то оно может происходить только вокруг центра тяжести всего кольца. Поэтому материя, образующая приблизительно однородное кольцо, если она вообще концентрируется, может лишь упасть на родственную ей планету и быть вновь поглощенной. Повидимому, для осуществления предполагаемой концентрации нужна какая-то внешняя сила, иная, чем взаимное притяжение материи, образующей кольцо, и поэтому непредвиденная теорией. Единственный путь избежать это затруднение заключается в допущении, что кольцо плохо уравновешено или имеет перевес на одну сторону, кривобоко; в этом случае, при условии достаточно выраженной неполноты равновесия, концентрация будет происходить вокруг некоторой точки внутри кольца, но вне планеты. Многие писатели думают, что теперешние расстояния планет сохраняют размеры первоначальных колец; но положение (его я, насколько помню, нигде не встречал раньше), что кольцо может скопиться только около своего центра тяжести, доказывает невозможность этого.

Концентрация плохо уравновешенного или разорванного кольца вокруг некоторой внутренней точки непременно привела бы к образованию планеты с прямым вращением, т.-е. вращающейся в том же направлении, как и земля. Однако некоторые писатели, в том числе *Фай*, пытаются доказать (по моему мнению, ошибочно), что вращение в обратную сторону является нормой, общим правилом; поэтому для объяснения наблюдаемых фактов они вынуждены прибегать к различным сложным допущениям. Но я вовсе не считаю, будто я устранил указанное затруднение: я только отодвинул, переместил его. Спутники Пептуна, а вероятно и сама эта планета, имеют обратное вращение; наконец *Вильямом Пикерингом* только что сделано поразительное открытие девятого спутника Сатурна с обратным вращением, тогда как восемь других спутников, кольцо и сама планета обладают прямым вращением. Наконец, я сомневаюсь, действительно ли телескоп точно подтверждает гипотезу Лапласа; насколько я себе представляю, наблюдаемая нами кар-

тина указывает скорее на спиральное, чем на кольцообразное разделение туманностей ¹⁾).

Здесь не время развивать эти соображения, но уже и сказанного достаточно, чтобы показать, что гипотезу туманностей, хотя и содержащую значительную долю истины, нельзя считать некоторым связным, все объясняющим целым. В первой изложенной мною теории происхождения солнца и планет мы предполагали, что они вырастают путем присоединения к ним блуждающих в пространстве метеоритов, и эта гипотеза явно коренным образом расходится с концепцией Лапласа, исходившего из превращений сплошной газообразной туманности. Несколько лет тому назад мне пришла в голову мысль, как будто примиряющая эти две расходящиеся друг с другом схемы происхождения солнечной системы. Газ в действительности не представляет собой чего-то сплошного, непрерывного, но состоит из множества молекул, движущихся во всех направлениях с большой скоростью и часто сталкивающихся друг с другом. И вот я рискнул высказать предположение, что рой метеоритов, вследствие частых столкновений друг с другом, образует среду, настолько наделенную механическими свойствами газа, что вполне удовлетворяет установленным Лапласом условиям. А если это так, то туманность можно рассматривать как некоторый квази-газ, молекулами которого являются метеориты. Газообразное свечение, несомненно испускаемое туманностями, объясняется в таком случае исключительно раскаленным состоянием газа, происходящим от столкновений метеоритов, тогда как сами темные тела остаются невидимыми. Сэр *Норман Локиер* установил спектроскопическим путем факты, приведшие его уже давно к взгляду, близкому к мною изложенному, и несомненно, крайне интересно найти в его воззрениях возможные средства примирения двух, по видимому, совершенно расходящихся теорий ²⁾. Тем не менее я не хочу придавать особенного значения высказанной мною мысли, так как несомненно рой метеоритов мог бы поддержать механические свойства газа лишь в течение ограниченного времени; к тому же, как указал проф. *Чемберлин*, трудно понять, каким образом мог когда-либо возникнуть рой метеоритов, движущихся беспорядочно во всех направлениях. Но моя статья в известной мере могла послужить для *Чемберлина* толчком к недавно видоизмененной им гипотезе туманностей, в которой он старается примирить взгляды Лапласа с метеорным происхождением планетной системы (см. выше сноску с указанием статьи *Чемберлина*).

¹⁾ Проф. *Чемберлин* из Чикаго недавно предложил гипотезу туманностей в измененном виде, в которой он утверждает, что спиральная форма представляет нормальное явление. См. Year Book Вашингтонского Института Карнеги № 3 за 1904 г., стр. 195—258.

Прим. Дарвина.

²⁾ Ньюкомб считает возражения против теории Локиера неспровержимыми. См. стр. 190 его „Stars“ (Lond., 1904).

Прим. Дарвина.

Как мы видели, для объяснения происхождения планет согласно теории Лапласа, нужно принять, что кольца должны быть в неуравновешенном состоянии или даже разорваны. Если бы кольцо было настолько неполным, что покрывало бы лишь незначительную часть всей окружности, то подлинные моменты возникновения отдельных планет и спутников можно лучше было бы себе представить, предположив, что отделившаяся часть материи имела сначала более или менее шарообразную, а не кольцеобразную форму. Эта идея вводит нас в группу исследований, с помощью которых математики пытались объяснить возникновение планет и спутников способом, с первого взгляда коренным образом отличным от лапласовского.

Разрешение проблемы эволюции связано с отысканием тех постоянных и устойчивых форм, которые биологи называли бы видами. Виды, о которых я собираюсь сейчас говорить, можно сгруппировать в некоторое семейство, включающее все разнообразные формы, какие может принять масса вращающейся жидкости под соединенным действием силы тяжести и вращения. Если бы земля состояла сплошь из жидкости одинаковой плотности, она была бы одним из видов этого семейства. Указанные исследования восходят ко времени Ньютона, первым давшего объяснения фигур планет.

Подлежащие нашему рассмотрению идеальные жидкие планеты мы должны считать рабочими моделями действительности, но, поскольку жидкости приписывается свойство несжимаемости, условия этих моделей довольно далеко отклоняются от условий действительности. Отсюда, даже и после разрешения проблемы, остается много неопределенности и неуверенности относительно приложимости наших выводов к реальным небесным телам.

Итак, мы начинаем с вращающейся жидкой планеты, подобной земле, которая представляет первый устойчивый вид в нашем семействе. Затем мы мысленно сообщаем этой планете более быстрое вращение и путем математических вычислений находим, что ее способность сопротивления всякого рода возмущениям стала меньше. Другими словами, ее устойчивость уменьшается с увеличением скорости вращения и, наконец, мы достигаем стадии, на которой устойчивость исчезает. В этот момент форма ее представляется переходной, являясь началом нового вида, с чертами, отличными от предыдущей, и с весьма слабой устойчивостью или способностью к длительному существованию. Если мы сообщим ей еще большую скорость вращения, устойчивость нового вида возрастает до максимума и затем начинает падать, пока не образуется новой переходной формы и не возникнет нового вида. Таким путем мы переходим от вида к виду с все возрастающей скоростью вращения ¹⁾.

1) Очень наглядный пример перехода количества в качество.

Первый или планетарный вид имеет круговой экватор подобно земле; второй вид имеет овальный экватор, несколько напоминающий яйцо, вращающееся на столе, лежа на боку; в третьем виде мы находим, что один конец яйца начинает выпячиваться и выпячивание это постепенно становится ясно выраженным наростом. Наконец нарост получает на конце утолщение и соединяется с главной массой жидкости, постепенно утончающейся перемычкой. В конце концов перемычка разрывается и перед нами оказываются две отдельные массы, которые можно назвать планетой и ее спутником. Следует отметить, что фактический разрыв на два тела является до известной степени предположительным, так как математикам до сих пор не удалось проследить весь процесс до конца.

В этой идеальной постановке вопроса последовательные превращения видов вызываются постепенным усилением скорости вращения массы жидкости. Может показаться, что подобные непрерывные добавления к скорости вращения чисто произвольны и что в природе не имеется соответствующих им явлений. Но реальные тела охлаждаются и при охлаждении сжимаются; а так как размеры планеты в этом процессе не играют существенной роли, то сжатие, вызывающее ускорение вращения, окажет на форму тела совершенно такое же влияние, как увеличение скорости вращения в нашем примере. Поэтому я прошу вас поверить, что результаты, получаемые от повидимому произвольного увеличения скорости вращения, могут быть вызваны также и охлаждением.

Формы планет, какие мне удалось нарисовать вам на основании строгих математических вычислений, настолько любопытны, что напоминают явления вроде выступов или отростков протоплазмы из массы живого вещества, и, мне кажется, в этом процессе, почти напоминающем процессы жизни, мы можем видеть *pendant* по крайней мере к одной форме происхождения двойных звезд, планет и спутников.

Как я уже говорил, *Ньютон* определил первую из этих форм; *Якоби* нашел вторую, а *Пуанкаре*, в статье, всеми признаваемой за один из шедевров прикладной математики, указал на существование третьей; наконец, самому мне удалось определить точную форму фигуры, указанной *Пуанкаре*, и доказать ее принадлежность к числу истинно-устойчивых форм.

Мой коллега по Кембриджу, *Джинс* также сделал интересный вклад в этот вопрос, разработав близкую к нему проблему; кроме того, он взялся и за гораздо более трудный случай, где вращающейся жидкостью является сжимаемый газ. В этом случае он также находит некоторое семейство типов, но элемент сжимаемости вводит сюда ряд новых соображений, касающихся переходов от вида к виду. Впрочем, проблема эта представляет такие трудности, что в конце концов *Джинс* удовольствовался скорее качественными, чем строго количественными результатами.

Указанная группа исследований дает нам более убедительное представление о процессе возникновения спутников, чем это

возможно было на основании общих соображений Лапласа. Нет никакого сомнения, что допускаемая Лапласом последовательность событий имеет в себе значительный элемент истины, но последние рассмотренные нами схемы превращений дают возможность проследить рассматриваемый процесс в больших подробностях. Поэтому вполне вероятно, что оба процесса дают нам грубые модели действительности, при чем в одних случаях эту действительность лучше отражает первая модель, а в других вторая.

Масса луны составляет одну восьмидесятую массы земли, между тем как масса Титана, самого большого спутника во всей солнечной системе, равняется $1/46000$ массы Сатурна. Ввиду столь большой разницы между относительными величинами всех других спутников и размерами луны, с полным основанием можно предположить, что и самый способ отделения луны от земли был значительно иным, чем у других спутников планет. Теория, о которой мне предстоит говорить в дальнейшем, задается целью проследить постепенное удаление луны от первоначального положения недалеко от теперешней поверхности земли. Если этот взгляд правилен, мы можем предположить, что луна отделилась от земли в виде отдельной части материи, а не путем концентрации лапласовского кольца.

Если планета бывает покрыта водным и воздушным океаном или если она образована расплавленными пластическими горными породами, то в ее наиболее подвижных частях должны были, под влиянием притяжения ее спутников и солнца, возникнуть движения приливов и отливов. Подобные движения должны испытывать сопротивления от трения, и вращение планеты будет постепенно замедляться приливным и отливным трением приблизительно таким же образом, как маховик постепенно останавливается вследствие внешнего трения. Так как действие и противодействие равны и противоположны, то действию спутников на планету, вызывающему приливное трение, о котором я говорю, должно соответствовать обратное воздействие планеты на движение ее спутников.

В любой момент времени мы можем рассматривать систему, состоящую из вращающейся планеты и сопровождающего ее спутника, как устойчивый вид движения, но трение приливов и отливов вводит в нее силы, вызывающее непрерывное, хотя и медленное изменение ее внешней формы (конфигурации). Поэтому чрезвычайно интересно проследить историю и ход изменений, вызываемых такой постоянно действующей причиной, и определить первоначальное состояние, из которого система планеты и спутника должна была постепенно деградировать. Поэтому мы должны выяснить, в каком направлении идет превращение.

Рассмотрим движение земли и луны, совместно вращающихся вокруг солнца, предполагая, что приливное трение на земле является единственной реальной действующей причиной изменений. Фактически нам предстоит проанализировать рабочую модель этой системы, аналогичную той, о которой я столь часто упоминал раньше.

Попытка исчерпывающе изложить, каким образом приливное трение вызывает действие и противодействие между планетой и ее спутниками, сейчас мне кажется несвоевременной; не стану я также подробно рассматривать разного рода действия, обуславливаемые этой причиной. Достаточно будет наметить результаты в самых главных чертах, а так как в связи с избранной мною темой об эволюции ретроспективный взгляд представляет, быть может, больше интереса, чем предсказания будущего, то я начну с обзора прошлого.

В настоящее время луна, совершая свое движение на расстоянии 240.000 миль от земли, обращается вокруг нее в 27 суток. А так как сутки есть время одного обращения земли вокруг своей оси, то угловое движение земли в двадцать семь раз скорее, чем угловое движение луны.

Приливное трение действует на землю как тормоз; поэтому в прошлом были периоды, когда сутки имели последовательно 23, 22 и 21 теперешних часов, а в еще более отдаленные периоды были даже короче. Но в течение всего этого времени воздействие земли на луну не прекращалось, и, повидимому, результат его был тот, что луна обращалась вокруг земли в более короткий срок, чем теперь; таким образом месяц по абсолютному времени был тогда короче теперешнего. Эти выводы безусловно достоверны, хотя влияние (приливов) на движения луны и земли настолько мало, что их можно было открыть лишь при помощи самых утонченных астрономических измерений, устранив предварительно целый ряд сомнений. Под сутками мы разумеем время одного обращения земли вокруг своей оси, а под месяцем—время одного обращения луны вокруг земли. Поэтому хотя теперь в месяце 27 суток и хотя в прошлом месяцы и сутки были короче, но до сих пор мы не имеем никаких указаний относительно того, имел ли месяц в прошлом меньше или больше суток, чем теперь: если сутки в настоящее время удлиняются скорее, чем месяц, число дней в месяце в прошлом было больше, чем теперь; а если правильно обратное предположение, то число дней в месяце было меньше.

Из математических вычислений следует, что сутки в настоящее время испытывают большее удлинение, чем месяц, и, исходя из этого, мы обращаемся в прошлом к тому времени, когда в месяце было больше дней (суток), чем теперь. Некогда их было двадцать девять вместо теперешних двадцати семи; но эпоха двадцатидеяти-дневного месяца является некоторого рода кризисом в истории луны и земли, так как еще раньше сутки сокращались менее быстро, чем месяц. Поэтому раньше того времени, когда месяц заключал двадцать девять дней, было время, когда имел место возврат к теперешнему более короткому числу дней.

Таким образом мы приходим к курьезному заключению, что для месяца существует определенное число дней, именно двадцать девять, которое никогда не может быть превышено; мы находим также, что упомянутый выше кризис был пройден луной и землей

недавно; но, конечно, недавним событием в столь долгой истории может быть и событие, происшедшее несколько миллионов лет назад.

Продолжая наш ретроспективный обзор дальше, за период этого кризиса, мы находим, что и сутки и месяц непрерывно укорачиваются, и число дней в месяце продолжает падать. При этом не произошло никаких, требующих особого нашего рассмотрения, изменений в прочих условиях существования луны и земли, и мы сразу же можем задать себе вопрос: какова же первоначальная стадия, на которую указывают все изложенные нами постепенные изменения. И я отвечаю: следуя ходу наших рассуждений до конца, мы можем довести историю изучаемой нами системы до такого времени, когда сутки и месяц были одинаково продолжительны и исчислялись каждый приблизительно четырьмя или пятью нашими теперешними часами. Равенство суток и месяца значит, что луна была обращена к одной и той же стороне земли; таким образом вначале земля всегда показывала луне все одну и ту же свою сторону, подобно тому, как в настоящее время луна показывает нам всегда одну и ту же свою сторону. Мало того, когда продолжительность месяца составляла всего 4 — 5 наших теперешних часов, луна должна была находиться от поверхности земли всего на расстоянии нескольких тысяч миль — резкая противоположность с теперешним расстоянием в 240.000 миль.

Уже на основании одного этого результата можно было бы утверждать, что луна отделилась от земли в виде некоторой более или менее единой и цельной части материи в эпоху, непосредственно предшествовавшую первоначальной стадии, только что нами описанной. Но в пользу этого взгляда имеется и еще более веский аргумент: повидимому, указанная первоначальная стадия принадлежит к числу тех, в которых устойчивость вида движения начинает колебаться, так что система представляет характерные черты переходной формы, знаменующей собой, как мы видели в предыдущем случае, изменение типа или вида.

Рассматривая превращение жидкой планеты, мы наблюдали тенденцию единой цельной массы к делению на две части, хотя нам и не удалось довести наш строгий анализ до момента действительного разделения; теперь мы, повидимому, приходим к аналогичному кризису с противоположного конца, доводя в нашем ретроспективном обзоре историю системы до периода, когда она состоит из двух масс неравной величины, находящихся в тесной близости одна к другой. Этот ход рассуждения обладает почти окончательной убедительностью, но я по необходимости вынужден был обойти ряд различных сомнительных пунктов.

Отсутствие времени не позволяет мне рассмотреть другие заслуживающие внимания вопросы, вытекающие из этой проблемы, но тем не менее мне хотелось бы указать, что земная ось некогда должна была обладать меньшим наклоном по отношению к солнцу, чем теперь, так что наклон к эклиптике получает по крайней мере

частичное объяснение. Далее, в значительной степени может быть объяснено и наклонение лунной орбиты; и, наконец, в связи с этим устанавливается, что луна некогда должна была двигаться почти по кругу. Приливным трением удовлетворительно объясняется эксцентриситет орбиты. Впоследствии я еще буду, иметь случай вернуться к тому, каким образом применен был этот способ объяснения.

В моей статье по этому вопросу я резюмировал логический ход только что изложенных мыслей в следующих словах, от которых до сих пор не имею основания отказываться.

„В основе всего построения лежит допущение неполной твердости твердых тел и внутреннего трения полу-твердых и жидкостей; это—veraе causae (истинные причины). Таким образом изменения рассматриваемого здесь рода должны происходить теперь и должны были происходить в прошлом. Чтобы вся эта история земли и луны оказалась верной от начала до конца, необходимо лишь постулировать достаточно долгий промежуток времени, а также допустить, что в пространстве не имеется достаточного количества рассеянной материи, которая могла бы оказывать материальное сопротивление движениям земли и луны на протяжении, пожалуй, нескольких сотен миллионов лет,

Без преувеличения можно сказать, что, приняв эти два постулата и существование изначальной планеты вроде той, которая была описана выше, необходимо также допустить, что при всех этих условиях должна была развиваться некоторая планетная система, значительно сходная с нашей.

Основанная на veraе causae теория, приводящая в количественное соотношение продолжительность теперешних суток и месяца, наклон к эклиптике и наклонение и эксцентриситет лунной орбиты, должна, по моему мнению, иметь большие права на признание (Phil. Trans., Pt. II, 1880, p. 883)“.

Мы проследили изменения земли и луны в прошлом, будущего же я коснусь вкратце. И сутки, и месяц находятся в настоящее время в процессе удлинения, но сутки изменяются скорее месяца. Таким образом, оба эти периода времени обнаруживают тенденцию вновь уравниваться друг с другом, и, повидимому, когда это будет достигнуто, и месяц и сутки по своей долготе будут в пятьдесят пять раз превышать длину наших теперешних суток. Земля будет тогда все время обращена к луне одной и той же своей стороной, совершенно так, как это было в отдаленнейшем прошлом. Но между конечными и первоначальными условиями—огромная разница: конечная стадия, в которой и сутки и месяц равны пятидесяти пяти нашим теперешним суткам, отличается большей устойчивостью в противоположность исчезающей устойчивости, найденной нами на первоначальной стадии.

Так как соотношение между лунной и землей носит обоюдный характер, то землю можно рассматривать как спутник луны, и если бы луна быстро вращалась вокруг своей оси, как это и было когда-то, то земля в этот период должна была вызывать приливы на

луны. Масса луны относительно мала, и вызванные землей приливы должны были быть очень велики; поэтому луна должна была гораздо быстрее земли проходить различные стадии своей истории. Оттого-то луна уже достигла того состояния, какое мы предвидим и для земли, как ее будущую судьбу, и теперь обращена к нам всегда одной и той же стороной.

Если бы луна и земля были единственными телами во вселенной, то описанная конечная стадия, когда сутки и месяц снова уравнились бы по своей продолжительности, отличалась бы абсолютной устойчивостью, а потому и вечностью; но присутствие солнца вводит причину для еще дальнейших изменений. Я, впрочем, не предполагаю продолжать историю до этого еще более отдаленного будущего, так как наша система должна заключать в себе и другие зародыши упадка, которые принесут свои плоды, вероятно, раньше, чем наступят эти дальнейшие изменения.

Если, как было указано, приливное трение играло столь крупную роль в истории земли и луны, то можно было бы ожидать, что то же предположение будет справедливо и по отношению к другим планетам и их спутникам, и по отношению к планетам и солнцу. Но числовые измерения нескольких случаев решительно доказывают, что этого не могло быть. Взаимоотношения луны и земли фактически являются совершенно исключительным случаем в солнечной системе, и нам для объяснения главных черт солнечной системы еще придется обратиться к теориям вроде лапласовской.

До сих пор я только вскользь упомянул о количестве времени, потребовавшемся для смены событий, рисуемых в различных космогонических системах: вопрос о космическом времени очень труден и спорен.

У нас совершенно нет никаких представлений о времени, потребовавшемся для эволюции согласно гипотезы туманностей Лапласа. Но даже если мы примем теорию метеоритов, то и тогда нельзя хотя бы приблизительно определить время, необходимое даже некоторому идеальному солнцу, с его спутником планетой Джовом, для поглощения странствующих в пространстве метеоритов. В самом деле, как мы знаем, существуют непрерывные градации от устойчивых к неустойчивым орбитам, так что некоторые метеориты могут сделать тысячи или миллионы оборотов, прежде чем покончат свое существование в столкновении с планетой. Поэтому, не только полное поглощение всех блуждающих метеоритов заняло бы неопределенно долгое время, но и неизвестно количество отбросов солнечной системы, все еще остающихся рассеянными в планетном пространстве. Достоверно одно, что процесс чистки еще продолжается, так как земля постоянно встречает метеориты, которые, попадая в атмосферу, начинают светиться вследствие трения от встречаемого ими сопротивления.

Про все подобные теории мы можем лишь сказать, что, согласно им, для всех указанных процессов требовались огромнейшие промежутки времени, если исчислять его в годах.

Теория приливного трения стоит совершенно особняком среди всех эволюционных построений в том отношении, что, пользуясь ею, мы можем установить точный, хотя лишь относительный масштаб времени для каждой стадии процесса эволюции. Правда, выразить эту единицу времени в годах мы не имеем возможности, и можно только предполагать, что эта единица в известной степени изменялась по мере постепенного изменения физических условий существования земли.

Впрочем некоторый период, более короткий, чем все время, охватываемое историей земли, можно определить и в годах. Если в каждый данный момент со времени возникновения луны приливное трение всегда оказывало свое действие, вызывая наибольший возможный эффект, то мы найдем, что на эту часть истории эволюции ушло бы 10 миллионов лет. Истинный период должен быть значительно больше и, повидимому, без преувеличения можно предположить, что со времени возникновения луны могло пройти 500 или 1000 миллионов лет¹⁾.

Подобные приблизительные цифры не покажутся чрезмерными геологам, определявшим различными способами, в чрезвычайно грубой форме, продолжительность геологических периодов. Одно из таких определений исходит из измерений толщины отложившихся геологических пластов и скорости обнажения материков дождями и реками. Я воздержусь от каких-либо определенных утверждений по этому вопросу, но представляю себе, что единицей времени, с которой оперируют геологи, является 100 миллионов лет, и что они не сочли бы несообразным примерное исчисление какого-либо периода в пределах от 1 до 20 таких единиц.

Меллард Рид сделал попытку определить геологическое время на основании некоторых соображений относительно скорости обнажения известковых горных пород и пришел к заключению, что геологическая история протекает в рамках несколько менее 600 миллионов лет („Chemical Denudation in Relation to Geological Time“, *Bogno, London, 1879*; или *Roy. Soc., January 23, 1879*). Недостоверность этого исчисления весьма значительна, и, мне думается, геологи вообще едва ли придадут ему серьезное значение.

Джолли применил несколько сходный, но, пожалуй, менее рискованный способ определения („An Estimate of the Geological Age of the Earth“, *Trans. Roy. Dub. Soc., Vol. VII, series III, 1902, pp. 23—66*). Когда земля все еще была горячей, все воды земного шара должны были существовать в форме пара, а с охлаждением земной поверхности эти пары должны были сгуститься в

¹⁾ Этот результат сознательно или бессознательно игнорируется русскими академиками А. Е. Ферсманом и В. И. Вернадским в их популярных брошюрах „Время“ и „Загадки жизни“, где они указывают, что в области космических процессов у нас нет никакой возможности, хотя бы и грубо, определять промежутки времени тех или других стадий эволюции земного шара. Все это, конечно, имеет целью доказать бессилие науки.

пресную воду. Затем дождь стал омыwać сушу и уносить в моря обломки и растворимые вещества. Обыкновенная соль представляет собой наиболее широко распространенное из таких растворимых веществ, и ее переход в море есть процесс необратимый, так как путем испарения из моря обратно на сушу уносится в форме дождя только пресная вода. Поэтому, повидимому, с достоверностью можно принять, что соленость моря обуславливается вымыванием суши на протяжении всего геологического времени.

Можно грубо определить количество речной воды, попадающей в моря в течение года, а измерение солености рек дает нам сведения о количестве соли, уносимой таким образом в моря. Более точно можно определить общее количество соли, содержащейся в морях. Деля общее количество соли в морях на годовой ее приток в моря, Джоли получает цифру около 100 миллионов, и отсюда выводит заключение, что геологическая история охватывает 100 миллионов лет. Я не буду останавливаться на рассмотрении некоторых сомнений и затруднений, вытекающих из этой теории. Заключающиеся в ней элементы недостоверности должны быть, как это для всякого ясно, весьма значительны, и тем не менее она все же представляется мне лучшим из всех чисто геологических построений, на основании которых мы получаем чисто количественное цифровое определение геологического времени. В общем, я сказал бы, что чистая геология устанавливает для истории земли период в пределах от 50 до 1000 миллионов лет, при чем верхний предел более сомнителен, чем нижний. До сих пор мы не находим ничего, что делало бы неприемлемой теорию приливов, как основу эволюции земли.

Но физики в своих вычислениях геологического времени шли иными путями, при чем до самого последнего времени, если исходить из их соображений, масштаб времени для геологической истории должен был быть значительно более низким. Согласно всем космогоническим теориям, солнце представляет собою звезду, раскалившуюся в процессе уплотнения из состояния большого рассеяния. При падении метеорита на солнце остановка его предшествующего движения порождает теплоту, подобно тому, как удар лошадиной подковой о камень вызывает искру. Падение бесчисленного количества метеоритов или сгущение разреженного газа и считались единственной причиной высокой температуры солнца. Раз масса солнца известна, то общее количество порождаемой в нем теплоты, каким бы путем она ни образовалась, может быть вычислено с значительной степенью точности. Тепло, получаемое землею от солнца, может быть также измерено с некоторой точностью, а отсюда уже дело простого вычисления определить количество тепла, излучаемого солнцем в год. Общее количество теплоты, которое могло возникнуть на солнце, деленное на годовое его производство, дает в результате около 20 миллионов. Отсюда как будто неопровержимо вытекает, что вся история солнечной системы включается в рамки каких-нибудь 20 миллионов лет.

Этот ход аргументации, принадлежащий Гельмгольтцу, казался абсолютно сокрушительным, и за последние сорок лет физики привыкли обращаться к геологам с предложением умерить свои притязания. Но лично я всегда полагал, что геологи более точны, чем физики, несмотря на то, что внешние обстоятельства, казалось, все были против них.

Но, наконец, в настоящее время натянутые отношения между этими двумя научными направлениями сгладились, так как недавние поразительные открытия в области физики показывают, что уплотнение материи является не единственным источником, откуда солнце может почерпнуть свое тепло.

Радий представляет собой вещество, быть может, в миллионы раз сильнее динамита. Так, вычислено, что одна унция радия содержит в себе достаточно силы, чтобы поднять 10.000 тонн на 1 милю от поверхности земли. Можно привести и другой пример, численно иллюстрирующий энергию радия: энергию, нужную, чтобы пробуксировать судно в 12.000 тонн на расстоянии 6 тысяч морских миль со скоростью 15 узлов, могут дать 22 унции радия. Чтобы пройти приблизительно такое же расстояние „Саксонец“, вероятно, сжигает от 5 до 6 тысяч тонн угля. Далее супруги Кюри доказали, что радий фактически испускает тепло ¹⁾, и было вычислено, что небольшого количества радия на солнце было бы достаточно для объяснения количества тепла, излучаемого последним в настоящее время. Другие соображения приводят к таким же выводам ²⁾.

Теперь мы знаем, что земля содержит радиоактивные материалы, и с полной уверенностью можно допустить, что в ней в известной степени образуются вещества, служащие как бы образцом веществ, распространенных во всей солнечной системе. Отсюда почти с достоверностью вытекает, что солнце также обладает радиоактивностью, а кроме того нет ничего невероятного, что элемент с столь тяжелым атомом, как радий, более тяготеет к центральному уплотнению, чем к расположенным снаружи планетам. В таком случае солнце должно бы содержать большее количество радиоактивных материалов, чем земля.

Эта отрасль науки (о радиоактивных веществах) находится еще в периоде младенчества, но мы уже и сейчас видим, насколько ненадежно устанавливать какие-либо догматические положения о возможностях, заложенных в материи.

Поэтому как будто оказывается, что рассуждения физиков отличаются не большей достоверностью, чем доводы геологов, и

¹⁾ Лорд Кельвин вычислил возраст земли на основании скорости возрастания температуры с глубиной под землей. Но этот метод оказывается, повидимому, совершенно несостоятельным после приведенных в тексте результатов новых исследований. *Прим. Дарвина.* Теперь делаются вычисления с соответствующей поправкой. *Прим. ред.*

²⁾ См. W. E. Wilson, Nature, July 9, 1903; G. H. Darwin, Nature, September, 24, 1902.

геологический масштаб времени остается в значительной мере неизвестным ¹⁾).

И закончил обзор солнечной системы и должен перейти к более широкой области звездной вселенной.

Простым глазом можно видеть всего несколько тысяч звезд, но фотография открыла невообразимое множество звезд и туманностей, и с каждым усовершенствованием в этом искусстве их обнаруживается все больше и больше. Лет двадцать тому назад число доступных фотографий объектов на небесном своде грубо определялось приблизительно в 170 миллионов, а лет через десять оно возросло до 400 миллионов. Хотя Пьюкомб в своей последней книге „Звезды“ отказывается даже предположительно установить какое-либо определенное их число, все же я думаю, что огромная цифра в 400 миллионов должна быть значительно ниже действительности, а фотография с каждым годом делает все новые и новые успехи. Поэтому мы по необходимости должны ограничить наше внимание теми более узкими пределами, какие нам по силам.

Фотографический снимок звездного неба с первого взгляда производит впечатление темного листка бумаги, по которому разбросаны брызги белил, но при ближайшем рассмотрении оказывается, что в расположении белых пятен есть известная степень порядка: звезды во многих местах размещены в виде линий тянувшихся верениц, и цепи звезд, расположенных по грубо параллельным кривым, кажутся протянутыми вокруг некоторого центра. Листок бумаги со случайно попавшими на него брызгами по отношению к отдельным немногим случаям мог бы также давать впечатление некоторой системы, но частота повторения подобных правильностей на астрофотографиях делает гипотезу о простой случайности совершенно неприемлемой.

Таким образом на небесном своде также существует известный порядок, и хотя в каждом отдельном случае мы и не можем подыскать объяснения тому или иному расположению звезд, все же оказывается возможным составить некоторое общее представление о последовательной смене явлений в процессе звездной эволюции.

Кроме звезд, существуют еще многочисленные полосы, пучки и скопления туманностей, свет которых, как мы знаем, происходит от газа. Пятна более интенсивного света наблюдаются среди менее ярких областей; иногда звездные кучи бывают вкраплены в туманности, в других же случаях каждая отдельная звезда ясно выделяется из кучи. Эти и другие наблюдения заставляют нас думать, что пучкообразные туманности представляют собой наиболее раннюю стадию развития, более уплотненные туманности—позднейшую стадию и, наконец, сами звезды—последнюю. Этот взгляд совпадает с гипотезой Лапласа, и мы с полным правом можем выска-

¹⁾ Указанный выше способ Джолли в значительной степени восполняет этот пробел.

затъ предположение, что линии и цепи звезд представляют собой возникающие полосы туманности.

По мере охлаждения звезда должна изменяться. и ее изменения составляют историю ее жизни; поэтому история отдельной звезды напоминает жизнь отдельного животного. Моей задачей было проследить типы или виды в физическом мире сквозь цепь их превращений в другие типы. Поэтому рассмотрение строения и истории отдельной звезды, несмотря на весь интерес этих вопросов, несколько выходит из рамок настоящей речи. Могу, впрочем, упомянуть, что строение газообразных звезд впервые было изучено с математической стороны *Лэном*, а затем более полно—*Риттером*. В смысле наблюдения спектроскоп оказался могущественным орудием при анализе строения звезд и при определении стадии развития каждой из них.

Если справедлива наша уверенность в том, что звезды представляют собою уплотнения материи, первоначально более широко рассеянной, то известное пространство вокруг каждой звезды должно было, в процессе ее образования, очиститься от туманностей. Много усилий мысли было потрачено на определение распределения звезд в пространстве, и хотя полученные результаты недостаточно точны, все же оказалось возможным грубо установить среднее расстояние от звезды до звезды. На основании исследований, в подробности которых я не буду входить, ученые пришли к заключению, что если мы опишем вокруг солнца шар с радиусом в 20 миллионов миллионов миль¹⁾, то в этом шаре не будет никакой другой звезды; если взять радиус вдвое больше, то в этом шаре могла бы оказаться, быть может, одна другая звезда; шар с радиусом в 60 миллионов миллионов миль заключал бы в себе приблизительно четыре звезды. Это дает нам некоторое представление о чрезвычайной редкости, в среднем, звездного населения; но, возможно, в небесном пространстве, как и на земле, имеются своего рода городские и сельские округа, где скопление звезд может быть более или менее значительным. По отношению одна к другой звезды движутся с огромной скоростью, если мерить ее земною меркою, но расстояния, отделяющие нас от них, столь чудовищны, что для обнаружения и измерения этих движений требуются самые утонченные наблюдения.

Ясно, что всюду происходят какие-то изменения, как в каждой отдельной туманности и звезде, так и во взаимных положениях этих тел по отношению друг к другу. Но мы не в состоянии даже предположительно сказать что-либо о тенденции совершающейся эволюции. А раз так, мы не можем рассчитывать, путем изучения распределения звезд и туманностей, найти много примеров, иллюстрирующих общие законы эволюции, которые я пытался набросать перед вами. Поэтому я вынужден ограничиться немногими

¹⁾ С такого расстояния, расстояние земли от солнца представлялось бы равным 1" (одной секунде дуги). *Прим. Дарвина.*

случаями, в которых мы, по крайней мере, как нам кажется, оказываемся в состоянии составить представление о стадиях развития, приведших к современному состоянию нашей вселенной.

Еще несколько лет назад не имелось указаний на то, что закон тяготения распространяется и на звезды, и даже в настоящее время ничто не доказывает передачи тяготения от одной звезды к другой. Но существование тяготения по соседству со многими звездами теперь доказано так же несомненно, как и в пределах самой солнечной системы. Телескоп раскрыл двойственный характер значительного числа звезд, и относительные движения пар, входящих в состав двойных звезд, подверглись такому же прилежному и тщательному наблюдению, как и движения планет. При изучении относительной орбиты какой-нибудь пары двойных звезд было найдено, что движение их совершается строго по тем законам Кеплера, согласно которым планеты вращаются по кругу вокруг солнца под влиянием притяжения солнца. Успех гипотезы звездного тяготения был настолько полон, что астрономы, не колеблясь, стали объяснять аномальное движение какой-нибудь по виду одиночной звезды существованием ее темного спутника; и любопытно отметить, что с помощью более сильных новейших телескопов были открыты, по крайней мере в двух случаях, слабо светящиеся спутники как раз в тех местах, какие полагались им по теории.

Распространяя этот ход рассуждений и на более широкую область, ученые высказали мнение, что известные различия в спектрах значительного числа звезд действительно служат доказательством двойного типа каждой из них, хотя вообще эта пара может быть настолько отдаленной, что для нашего зрения, может быть, навсегда будет представляться одной звездой. Наконец, переменный характер света других, повидимому одиночных, звезд доказывает, что в действительности они—двойные. Какая-нибудь пара звезд, при вращении их по орбите, может отчасти или целиком закрывать одна другую, и тогда свет кажущейся одиночной звезды затмевается подобно тому, как маяк мерцает и мигает, когда свет его периодически скрывается вращающимся ставпом. Точные измерения характера изменчивости в свете дали возможность не только определить природу описываемой звездами орбиты, но даже и открыть фигуры и плотность двух слагающих тел, сливающихся для нас в одно вследствие их колоссального расстояния от нашего места наблюдения. Рассматриваемой отрасли астрономии уделено было исследователями много тщательных наблюдений и искусного анализа; с особенным удовольствием отмечу, что один из наиболее выдающихся астрономов, изучавших природу переменных звезд, *Александр Робертс* постоянно живет в Южной Африке.

И, впрочем, не хочу вызвать у вас предположение, будто теория затмений послужит для объяснения изменчивости всех звезд: несомненно, есть и такие звезды, периодичность которых надо объяснить какими-то причинами, кроющимися в их внутреннем строении.

Периоды двойных звезд чрезвычайно разнообразны, и, естественно, первыми были замечены звезды с короткими периодами: с течением времени несомненно будут открыты и другие, со все более и более долгими периодами. Главная характерная черта всех этих двойных звезд та, что обе звезды, составляющие двойную, не отличаются сильно по своим массам. В этом отношении такие системы представляют резкий контраст с солнцем, имеющим спутниками сравнительно незначительные планеты.

В первой части моей речи я указывал, как, по теории, вращающаяся жидкость, по мере охлаждения, разделяется на две обособленные массы. Математикам до сих пор еще не удалось провести свой анализ достаточно далеко, чтобы определить относительные размеры этих двух отделяющихся частей, но насколько можно себе представить, результаты их выкладок указывают на то, что масса образующегося спутника составляет значительную дробную часть массы его родителя. Поэтому *Си* (уделяющий свое внимание главным образом астрономии двойных звезд), *Робертс* и другие полагают, что все их наблюдения согласуются с указаниями теории. Таким образом, повидимому, есть основания утверждать, что двойные звезды произошли путем разделения первоначальных и менее плотных одиночных звезд.

Но если эта теория правильна, мы должны ожидать, что орбита двойной звезды будет иметь приблизительно форму круга; но в действительности дело обстоит совершенно иначе: эксцентриситет орбиты многих двойных звезд значительно превосходит любой из эксцентриситетов, встречаемых в солнечной системе. И вот *Си* указал, что когда два тела не с очень неравными массами вращаются друг около друга в тесной близости одно к другому, то создаются условия, в силу которых приливное трение производит наибольший возможный для него эффект в смысле преобразования орбиты. Отсюда, повидимому, в приливном трении мы можем усмотреть причину, достаточную не только для отделения двух слагающих звезд двойной звезды одна от другой, но и для придания орбите значительного эксцентриситета.

Я счел за лучшее лишь очень коротко остановиться на звездной астрономии, несмотря на важность этого предмета: направление происходящих в звездах изменений в общем еще слишком смутно и не допускает построения сколько-нибудь полезных теорий.

Как мы видели, историю солнечной системы можно проследить, с некоторой достоверностью, до первоначальной туманности, и есть основания думать, что звезды, в общем, произошли таким же образом. Но такие первоначальные туманности в той же мере нуждаются в объяснении, как и происшедшие от них звезды. Таким образом, даже признав за изложенными теориями абсолютную истинность, мы все же ничтожно мало подвинемся на пути к объяснению вселенной. По сравнению с астрономическим пространством человек представляет собой лишь микроскопическое суще-

ство и живет на молодой планете, вращающейся вокруг звезды низшего ранга. Не столь же ли тщетно, поэтому, воображать, будто мы можем открыть происхождение и тенденцию развития вселенной, как, напр., ожидать, что комнатная муха научит нас теории движения планет? И все-таки, пока человек существует, он будет продолжать свои изыскания и, несомненно, откроет еще много удивительных вещей, пока еще скрытых. Мы, конечно, можем поражаться всеми открытиями, уже сделанными человеком, но неизмеримость еще неоткрытого им всегда, во все времена, будет принижать его самомнение и гордость. Дети наших детей все еще будут в восторге и изумлении созерцать звездное небо, но загадка его никогда не будет окончательно разрешена.

ДЖ. ДАРВИН.

Происхождение двойных звезд ¹⁾).

(Перев. А. И. Смирнова).

В обыденной речи какая-либо механическая система называется устойчивой в том случае, если она не легко может быть опрокинута, но смысл этого выражения страдает некоторой неопределенностью. Да это и неудивительно; лишь в последние 30 лет, главным образом, благодаря исследованиям Пуанкаре, идея устойчивости приобрела раньше недостававшие ей определенность и ясность даже для физиков. Законы, регулирующие устойчивость, прочно установлены в самых разнообразных областях; они приложимы и к движениям планет вокруг солнца, и к внутреннему расположению тех мельчайших частичек, из которых построен каждый химический атом, и к формам небесных тел. В настоящем очерке я попытаюсь рассмотреть законы устойчивости по отношению к небесным телам и проанализирую ряд форм, какие могут принимать эти тела в процессе своей эволюции. Я полагаю также, что аналогичные концепции приложимы также и при анализе изменений различных форм животной и растительной жизни, а также в других областях знания. Если даже некоторым из моих читателей изложенное мною по этому вопросу покажется фантастикой, все же это изложение послужит, по крайней мере, иллюстрацией того значения и смысла, какое следует придавать законам устойчивости в физическом мире.

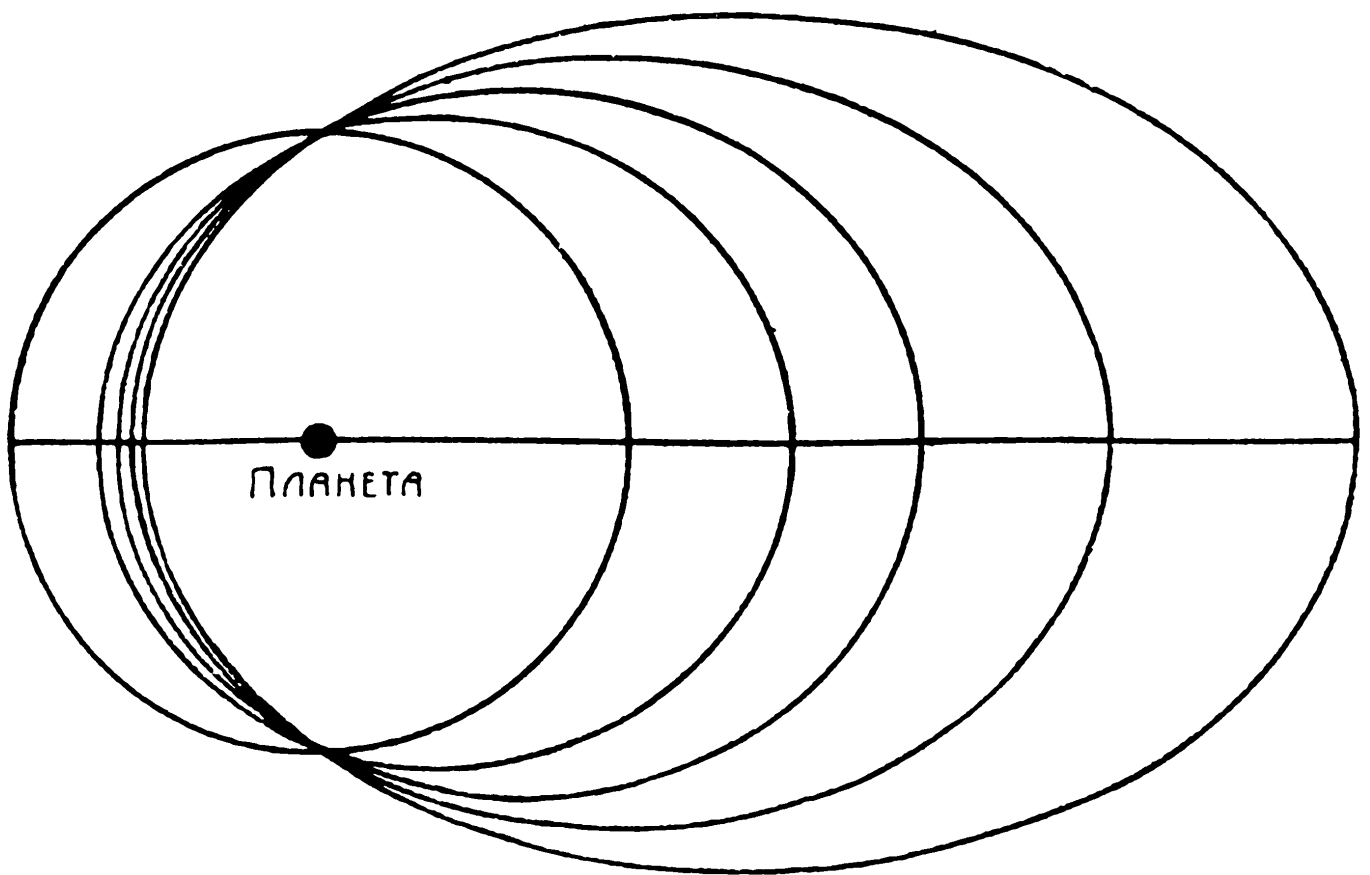
Поэтому я начну настоящий очерк изложением принципов устойчивости в той их формулировке, какую им дают современные физики.

I.

Если сообщить легкий толчек некоторой системе, находящейся в состоянии равновесия, то должно произойти одно из двух: или возникнут незначительные колебательные движения системы, или

¹⁾ Из юбилейного сборника памяти Дарвина.

внесенное в нее возмущение станет расти беспредельно, и расположение системы совершенно изменится. Так, палка может находиться в равновесии, если она висит на вешалке или если мы балансируем ее на конце пальца. В первом случае, при легком толчке она начнет раскачиваться взад и вперед, а во втором — перевернется. Первое положение — устойчиво, второе — неустойчиво. Но такой случай слишком прост, чтобы служить иллюстрацией всего содержания понятия устойчивости. Поэтому мы должны рассмотреть случаи устойчивого и неустойчивого движения. Представим себе спутника какой-нибудь планеты и самую планету и примем, что и тот и другая имеют бесконечно малые размеры, т.-е. фактически представляют собою частицы: тогда спутник будет



Фиг. 1. Семейство эллиптических орбит с постоянным моментом вращения.

вращаться вокруг планеты по эллипсу. Незначительное возмущение движения спутника лишь немного изменит эллипс; поэтому такое движение называется устойчивым. Если же, с другой стороны, возмущение движения заставит спутника отклониться от его первоначальной эллиптической орбиты и начать двигаться по все расширяющимся орбитам, то движение будет неустойчивым. Этот случай дает нам пример устойчивого движения, но привел я его главным образом с целью иллюстрировать другой пункт, не связанный непосредственно с устойчивостью, но важный для надлежащего понимания теории устойчивости.

Движение спутника вокруг его планеты носит характер вращения. Когда спутник движется по эллипсу, обладающему данной

степенью эксцентриситета, в системе имеется в наличии известное, обозначаемое техническим термином „момент вращения“ количество вращения, всегда одинаковое во всех частях орбиты.

Если мы станем анализировать описываемые спутником при его вращении вокруг его планеты всевозможные эллиптические орбиты, обладающие одним и тем же количеством „момента вращения“, то найдем, что большая ось описываемого эллипса будет иметь различную длину в зависимости от степени сплющивания (или эксцентриситета) описываемого эллипса. Фиг. 1 показывает для данной планеты и ее спутника все такие орбиты с постоянным моментом вращения и большими осями, расположенными в одном направлении. Следует заметить, что переход от одной орбиты к следующей—непрерывен, и что всё вместе образует последовательную группу, называемую математиками „семейством“ орбит. В этом случае момент вращения ¹⁾ постоянен, и положение любой орбиты в семействе определяется длиной большой оси эллипса: за признак классификации берется большая ось, но можно было бы установить классификацию и по какому-нибудь другому элементу, который придавал бы точную определенность орбите.

В дальнейшем я перейду к классификации всех возможных форм идеальных жидких звезд, обладающих одинаковым количеством момента вращения, и в основу этой классификации будет положена их плотность; но идея правильной группировки их в „семейства“ останется той же самой.

Таким образом, мы приходим к представлению об определенном типе движения, с постоянным количеством момента вращения, и к классификации всех членов семейства, образованного всеми формами движения этого типа, кладя в основу классификаций числовое значение некоторого измеримого количества (в дальнейшем это будет плотность), точно определяющего движение. В частном случае движения по эллипсу, приведенном нами в качестве иллюстрации, движение было устойчивым, но можно привести и другие случаи движения, в которых оно будет неустойчиво; при этом окажется, что и тут одинаково будет приложима классификация по семействам и группировка в пределах последних на основании некоторого измеримого количества.

Свойственные сложной механической системе способы или типы движения могут быть различны, и движения, соответствующие каждому из таких типов, могут быть, как и в рассмотренных выше случаях, сгруппированы в семейства. Ради простоты я предположу, что возможны только два типа движения, так что и семейств будет только два; при этом момент вращения будет постоянным. Оба типа движения будут иметь некоторые общие черты,

¹⁾ Момент количества движения, или момент вращения измеряется произведением количества движения (произведение массы на скорость) спутника на перпендикуляр, опущенный из планеты, на направление движения спутника в любое данное мгновение.

которые мы обозначим, несколько стенографически, буквой A . Тогда оба типа можно будет обозначить выражениями $A+a$ и $A+b$, где a и b выражают специфические признаки, отличающие одно семейство от другого. Вообразим себе теперь мысленно семейство типа $A+a$ и начнем со случая, когда его специфический признак a резко выражен. Окидывая взором ряды, образующие это семейство, мы замечаем, что признак a становится все менее резко выраженным. Он постепенно ступеньвается, пока не исчезнет вовсе; после этого он или изменяется в обратном порядке ¹⁾, или же такой тип перестает быть возможным типом. В нашем стенографическом обозначении мы начали с $A+a$ и наблюдали, как специфический признак a превратился в нуль. С его исчезновением мы приходим к типу, который можно обозначить через A ; в дальнейшем тип превратится в тип $A-a$ или станет невозможным.

Наблюдая таким же путем тип $A+b$, видим, что признак b сначала резко выражен, затем ступеньвается до нуля и, наконец, может стать отрицательным. Отсюда, при помощи нашего стенографического обозначения, это второе семейство можно описать таким образом: $A+b, \dots A, \dots A-b$. В каждом семействе имеется только один член, неотличимый от члена другого семейства; Пуанкаре называет его формой бифуркации. Именно эта идея формы бифуркации составляет важный элемент в проблемах, трактующих о формах вращающихся жидких или газообразных тел.

Но вернемся к общему вопросу. До сих пор мы еще не рассмотрели устойчивости этих семейств, а между тем именно устойчивость и придает такую ценность подобному способу трактования вопроса. Можно доказать, что если до точки бифуркации тип $A-a$ был устойчив, то система $A+b$ должна была отличаться неустойчивостью. Далее по мере уменьшения и a и b , $A+a$ становится менее резко устойчивой, а $A+b$ менее неустойчивой. Достигнув точки бифуркации, $A-a$ как раз перестала быть устойчивой или, что то же, начинает становиться неустойчивой, а по отношению к семейству $A+b$ происходит обратное. Пройдя точку бифуркации, $A-a$ приобрела определенный характер неустойчивости, а $A+b$ — устойчивости. Отсюда, точка бифуркации является в то же время точкой „обмена устойчивостей между двумя типами“ ²⁾.

В природе, конечно, только устойчивые типы движения могут сохраняться более долгое время. Таким образом, задача сторонника

¹⁾ Значения a становятся < 0 , т.-е., отрицательными. *Прим. редакт.*

²⁾ Во избежание ненужного усложнения при этом объяснении общего принципа я не приводил всех возможных случаев. Так, во-первых, после бифуркации $A+a$ может стать типом невозможным и $A+a$ остановится тогда на этой точке; или во-вторых, $A+b$ могла быть невозможным типом еще до бифуркации и начнет приобретать характер реального типа лишь после нее; или, в-третьих, как $A+a$, так и $A+b$ могут стать невозможными после точки бифуркации, и в этом случае они сливаются и исчезают парами. Этот последний случай показывает, что типы возникают и исчезают парами, и что при появлении или перед исчезновением один должен быть устойчивым, а другой — неустойчивым. *Прим. автора.*

признаку *a* рассмотренной нами выше физической системы. В конце концов наступает время, когда устойчивость исчезает, и малейший толчок опрокидывает существующий политический строй. На этой стадии мы достигаем кризиса точки бифуркации, но и тут оказывается некоторое обстоятельство, с виду совершенно неважное и почти незаметное, способное предотвратить наступление анархии. Это обстоятельство или условие мы обозначили выше буквой *b*. При всей своей, на первый взгляд, незначительности, оно выводит государство на новую дорогу устойчивости, сообщив ему новый тип. Значение его увеличивается, политический строй меняется, и его устойчивость возрастает. Затем эта вновь приобретенная устойчивость, в свою очередь, клонится к упадку, и мы переходим к новому кризису или революции. Таким образом, в истории получается ряд „точек бифуркации“, в которых непрерывность политической истории сохраняется путем изменений типа политического строя. Эти идеи, по крайней мере на мой взгляд, дают правильное представление об истории государств, и я утверждаю, что, усматривая в двух областях знания—физике и политике—существование точек бифуркации и обмена устойчивости,—мы имеем дело не с фантастической аналогией, но с истинной гомологией.

Мало того, я даже задам вопрос, не приложим ли этот ход мыслей также и к эволюции живых организмов. Вид бывает хорошо приспособлен к окружающей среде, когда отдельная особь его успешно противостоит голоду или нападениям и конкуренции других животных; тогда вид обладает высокой степенью устойчивости. Большинство случайных вариаций в отдельных особях являются для него безразличными, так как они мало влияют на успех или неуспех в жизни; это—мелкие колебания, оставляющие тип без изменения. По мере изменения обстоятельств, устойчивость вида может постепенно убывать вследствие недостаточного развития какого-нибудь определенного качества, к которому прежде не предъявлялось столь настоячивых требований. Тогда отдельные особи обнаружат тенденцию не выдерживать борьбы за существование, число их может сокращаться, и может наступить вымирание. Но возможно, что как-раз какая-нибудь новая вариация, вначале несущественная, круто изменит положение вещей. Может образоваться новый тип, в котором такая вариация сохранится и размножится, его устойчивость может возрасти, и современем—произойти новый вид.

Рискуя заслужить упрек за вторжение в чуждую мне область биологической эволюции, я все же скажу, что изложенный мною взгляд согласуется, насколько я знаю, со взглядами некоторых натуралистов, признающих существование критических периодов в биологической истории; в эти периоды происходит вымирание видов, или же такие периоды являются исходными в образовании новых видов. Не должны ли мы, поэтому, ожидать наличия долгих периодов, в течение которых известный тип животного остается почти постоянным, и смены их другими,—без сомнения

чудовищно-долгими по сравнению с человеческой жизнью,—периодами острой борьбы за существование, когда тип будет меняться более быстро. Таков, по крайней мере взгляд, на который наталкивает теория устойчивости в физическом мире ¹⁾.

А теперь я хочу приложить эти идеи устойчивости к теории звездной эволюции и, наконец, иллюстрировать их некоторыми новейшими весьма замечательными наблюдениями.

Звезды и планеты состоят из материалов, которые не в состоянии устоять под действием огромных сил, вызываемых тяготением и вращением. Это ясно с первого взгляда в случае жидкого или газообразного состояния подобных небесных тел, но даже и твердая материя становится пластичной под достаточно большим воздействием этих сил. До сих пор еще даже приблизительно нельзя было подойти к полному изучению равновесия неоднородной звезды, и мы вынуждены остановиться в своем рассмотрении только на телах более простого строения. Поэтому я начну с изложения известных нам данных о формах, какие может принимать некоторая масса несжимаемой жидкости однородной плотности под действием тяготения и вращения. Подобную жидкую массу можно рассматривать как некоторую идеальную звезду, похожую на действительную звезду в том отношении, что она состоит из вращающейся и подверженной закону тяготения материи, и что форма ее является результатом воздействующих на нее сил. Но наша идеальная звезда не похожа на реальную тем, что обладает несжимаемостью и однородной плотностью. Различие между ними, несомненно, очень велико, но все-же между ними достаточно и сходства, так что мы в праве распространить многие выводы, касающиеся идеальных жидких звезд, и на реальную действительность. Поэтому, чтобы составить себе некоторое понятие об этой действительности, мы в праве несколько дольше остановиться и на заведомо идеальной проблеме.

Под влиянием одного только притяжения, вызываемого тяготением, масса жидкости обнаруживает тенденцию принять форму шара, а действие вращения, характеризуемое термином „центробежная сила“, таково, что жидкость стремится распространиться по внешней поверхности шара, удаляясь от оси вращения. Замечательный факт: размеры рассматриваемой массы жидкости при этом нет надобности сколько-нибудь принимать в расчет, так как ее форма будет совершенно одинакова независимо от большого или малого размера массы. А это дает возможность легче констатировать результаты, чем в противном случае.

Масса жидкости, находящейся в покое, очевидно, примет форму шара под влиянием тяготения, и это будет форма устой-

¹⁾ Я не претендую на обширную начитанность в этом вопросе, но отослужу читателя, напр., к статье проф. А. А. Губрехта о „Теории мутаций де-Фриза“, Popular Science Monthly, July, 1904, особенно к стр. 213.

чивая, так как всякие могущие возникнуть колебательные движения жидкости, постепенно замрут вследствие трения, хотя бы и малого. Если мы теперь сообщим всей массе жидкости малую скорость вращения вокруг некоторой оси, которую можно назвать полярною осью, и притом так, чтобы в жидкости не было внутренних течений и чтобы она вращалась, как твердое тело, то форма ее приобретет слегка сплюснутый характер на подобие апельсина. Хотя земля и другие планеты не представляют собою однородных по строению тел, тем не менее при вращении с ними происходит то же, что и с телами однородными, и они сплюсчиваются у полюсов и вытягиваются у экватора. Поэтому такую форму можно назвать планетной.

Если планетное тело испытывает легкую деформацию, то восстанавливающие силы оказываются несколько меньшими, чем для шара; эта форма устойчива, но несколько менее, чем шарообразная. Таким образом мы получаем медленно вращающийся планетный сфероид, слегка сплюснутый у полюсов, с высокой степенью устойчивости и обладающий известным количеством момента вращения ¹⁾. Предположим, что такая идеальная жидкая звезда очень удалена в звездном пространстве от всех других небесных тел; тогда она не подвергается действию внешних сил, и всякое происходящее с нею изменение должно исходить у нее изнутри. Но количество момента вращения, имеющееся во вращающейся системе, не может быть ни создано, ни уничтожено какими-либо внутренними причинами, и поэтому, что бы ни случилось, количество момента вращения, принадлежащее звезде, должно остаться абсолютно постоянным.

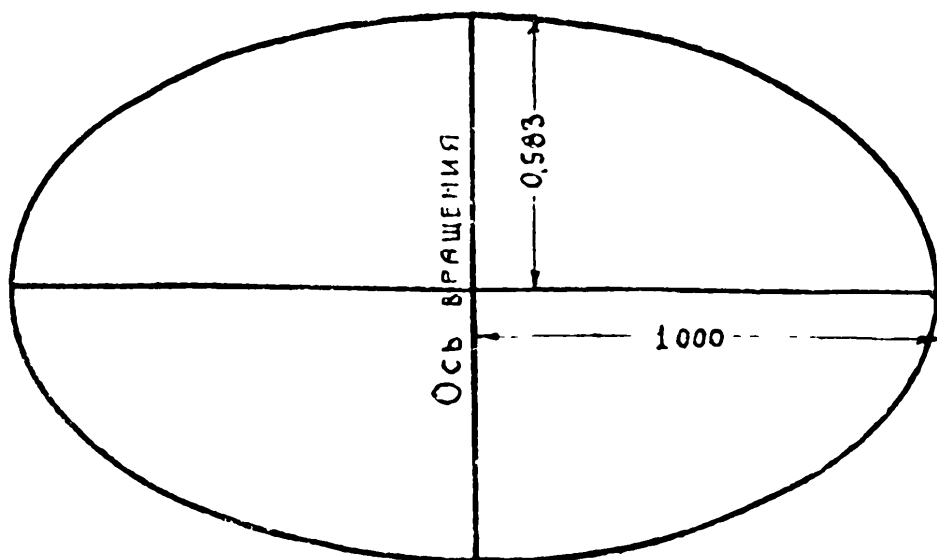
Реальная звезда излучает теплоту и, по мере охлаждения, сжимается. Предположим, что наша идеальная звезда также излучает теплоту и сжимается, но процесс этот протекает настолько медленно, что какие-либо внутренние течения, возникшие в жидкости при охлаждении, под влиянием трения жидкости чрезвычайно быстро сходят на-нет и потому не имеют никакого значения; далее, пусть жидкость постоянно остается в любой момент несжимаемой и однородной. Таким образом, мы видим, что с течением времени жидкая звезда уменьшается в размерах, вращается целиком, как твердое тело, и остается несжимаемой и однородной. Такое положение вещей, конечно, искусственно, но оно довольно хорошо воспроизводит действительные процессы в природе, соответствующие с допускаемой нами для нашей звезды несжимаемостью и однородностью ²⁾.

¹⁾ Количество момента вращения (момент количества движения) есть сумма произведений массы всех частиц, умноженных на скорости их и на расстояние от оси вращения, отсчитанное по перпендикуляру, опущенному из оси вращения на направление скорости.
Прим. ред.

²⁾ Математики обычно считают, что плотность является постоянной величиной, а момент вращения — возрастающей. Но принятая мною точка зрения более понятна, а в конце концов приводит к тому же самому результату.
Прим. автора.

Сжатие некоторой постоянной массы материи приводит к увеличению ее плотности, поэтому нам предстоит проследить изменения, происходящие в звезде по мере ее сжатия и по мере увеличения плотности жидкости, из которой она состоит. Выражаясь обыденным языком, вследствие уменьшения размеров звезды все части ее переместятся ближе к оси вращения. Поэтому, чтобы момент вращения остался прежним (он, как мы видели, должен оставаться постоянным), масса должна вращаться быстрее ¹⁾. Вследствие большей скорости вращения усилится значение центробежной силы по сравнению с силой тяжести, а так как сплюснение планетного сфероида обуславливалось центробежной силой, то это сплюснение увеличится; другими словами, увеличится эллиптичность планетного сфероида.

По мере возрастания сжатия и соответствующего увеличения плотности, планетный сфероид становится все более и более эллип-



Фиг. 2. Планетный сфероид становящийся неустойчивым.

тическим, а последовательно сменяющиеся его формы образуют семейство, за принцип классификации которого можно принять плотность жидкости. Специфическим признаком этого семейства будет приплюснутость у полюсов, или эллиптичность.

Рассмотрим теперь устойчивость такой системы. Мы видели, что сфероид с медленным вращением, служащий для нас исходным пунктом, был менее устойчив, чем шар, и по мере того как мы в рассматриваемом семействе будем переходить к эллипсоидам все более сплюсненным, устойчивость будет продолжать падать. Наконец, когда наша система примет вид, изображенный на фиг. 2, где экваторальная и полярная оси относятся друг к другу как 1000 : 583, то устойчивость как раз в этот момент исчезнет. Согласно установ-

¹⁾ Так как момент количества движения составляется из произведений массы на скорость и на перпендикуляр, опущенный из оси вращения на направление скорости, взятых для всех частиц планеты.

Прим. ред.

ленному выше принципу, это есть форма бифуркации, и соответствует форме A . Специфическим признаком (a) этого семейства следует считать большую степень эллиптичности этой фигуры по сравнению со всеми прежними, начиная со слегка сплюсненного планетного сфероида. Сообразно изложенному, и этот специфический признак a рассматриваемого семейства постепенно ослабевает с самого начала и на данной стадии исчезает совершенно.

Согласно принципу Пуанкаре, утрата устойчивости свидетельствует о том, что мы пришли к фигуре бифуркации, и что необходимо исследовать природу специфического признака нового семейства форм, которое на этой стадии должно сливаться с прежним. Как оказывается, признак этот заключается в том, что экватор, имевший до сих пор у планетного семейства в сечении круглую форму, теперь обнаруживает тенденцию превратиться в эллиптический. До сих пор постоянство момента вращения поддерживалось на одном уровне отчасти благодаря большей скорости вращения, отчасти симметрической выпуклости экватора. Но теперь, по мере продолжающегося увеличения скорости вращения ¹⁾, экватор стремится приобрести выпуклость на двух диаметрально противоположных точках и приобрести сплюснутый характер на середине линии, соединяющей эти выпуклости. Специфическим признаком нового семейства (выше мы обозначили его буквой b) является эллиптичность экватора. Если бы мы проследили историю планетных форм с круглым экватором дальше этой стадии A , мы нашли бы, что он потерял свою устойчивость, которая перешла в $A+b$ семейство форм с эллиптическими экваторами ²⁾.

Этот новый ряд форм, обычно называемый, по имени великого математика, рядом Якоби, вначале только-только обладает устойчивостью, но по мере увеличения плотности и устойчивость возрастает достигает максимума и затем падает. По мере развития этого процесса экватор таких яковиевых форм приобретает все более эллиптический характер, так что вся фигура значительно удлиняется в направлении, перпендикулярном к оси вращения.

Наконец, когда самая длинная из трех осей становится втрое длиннее самой короткой ³⁾, устойчивость этой группы форм утрачивается, и мы приходим к новой форме бифуркации и должны искать новый тип фигур, на последовательном ряде которых, надо думать, развитие устойчивости пойдет дальше. Два разреза такой яковиевой формы, находящейся в стадии кризиса и представляющей собою фигуру бифуркации, изображены пунктирными линиями на фиг. 3; верхний чертеж представляет собою

¹⁾ Математики, знакомые с эллипсоидом Якоби, найдут это правильным, хотя, согласно обычному способу изложения, указанному в предыдущей сноске, скорость уменьшается.

²⁾ Переход количества в качество.

³⁾ В этом случае три оси эллипсоида будут пропорциональны числам 1000, 432, 343.

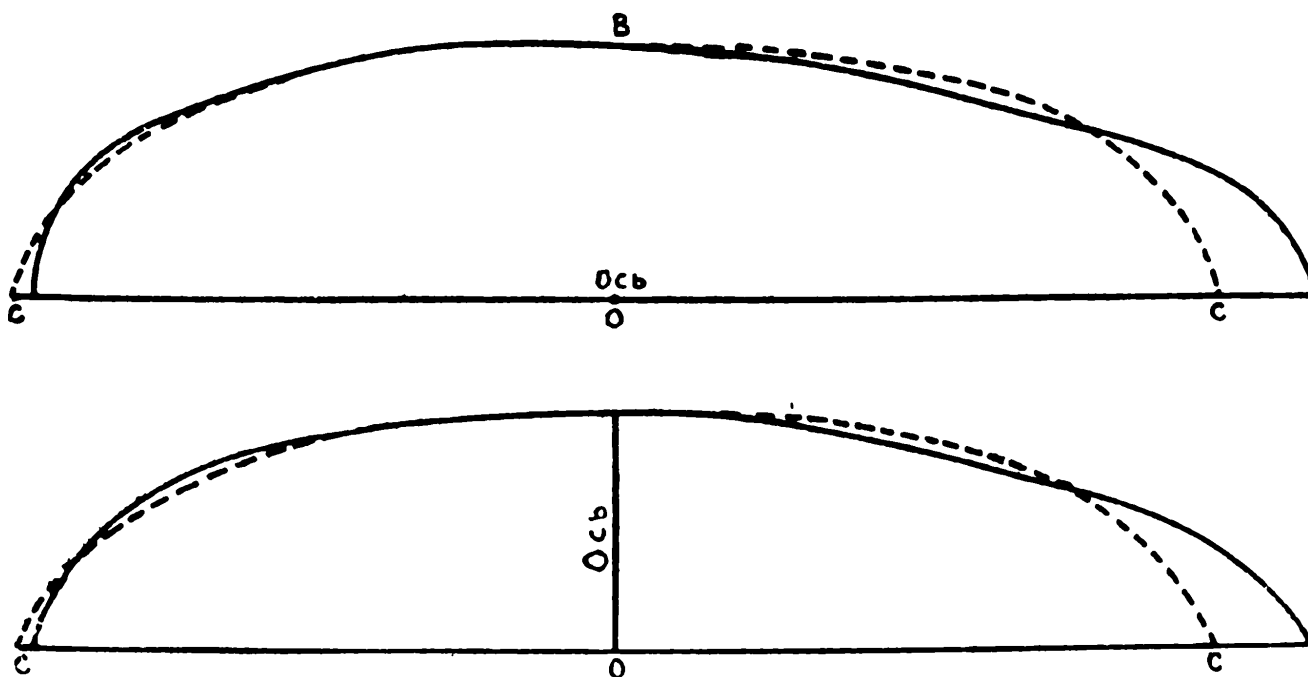
Прим. автора.

Прим. ред.

Прим. автора.

экваториальный разрез, перпендикулярный к оси вращения, а нижний чертеж—разрез через ось.

Пуанкаре доказал, что новый тип фигуры можно вывести из фигуры бифуркации путем продолжения одного из концов в виде хоботка и путем притупления другого конца. Хоботок (snout) образует нечто вроде стебля, а между стеблем и осью вращения поверхность несколько сплюснута. Такими характерными чертами формы обладает груша, поэтому и рассматриваемая фигура получила название „грушевидной фигуры равновесия“. Сплошная линия на фиг. 3 изображает этот новый тип фигуры, пунктирная же, как уже указано изображает форму бифуркации, из которой она произошла. Специфическим признаком этого нового семейства является

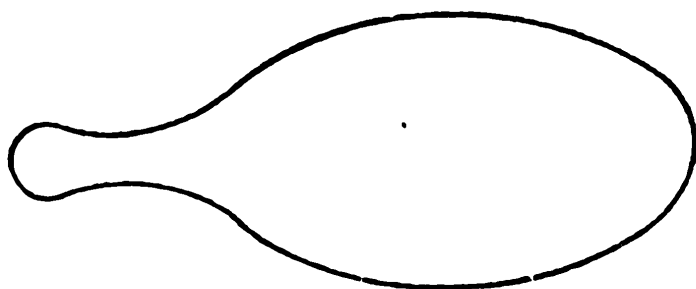


Фиг. 3. „Грушевидное тело“ и фигура Якоби, из которой оно возникает.

вытягивание на конце стебля вместе с соответствующими более мелкими отличиями. Если мы обозначим это отличие буквой c , а $A+b$ будет обозначать яковиеву фигуру бифуркации, из которой произошла первая, то новое семейство можно обозначить символом $A+b+c$, где c вначале будет равно нулю. Согласно моим вычислениям, этот ряд форм будет устойчив ¹⁾, но я не знаю, на какой стадии своего развития он потеряет эту устойчивость.

¹⁾ Ляпунов утверждает, что при постоянной плотности новый ряд фигур, открытых Пуанкаре, имеет меньший момент вращения, чем момент вращения фигуры бифуркации. Если он прав, то фигура бифуркации является пределом устойчивых фигур, и никакая фигура не может существовать с устойчивостью для больших значений момента количества движения. Мои собственные работы указывают, повидимому, что правильно противоположное утверждение и несмотря на заслуженно крупный авторитет Ляпунова, я позволяю себе делать выводы, исходя из моих собственных работ. *Прим. автора.*

Проф. Джинс разрешил интересную проблему, проливающую свет на дальнейшее развитие грушевидной фигуры, хотя она носит еще более идеальный характер, чем только что описанная. Он исходит из представления, что некоторый бесконечно длинный круглый цилиндр жидкости вращается вокруг своей центральной оси. При этом постулируется существование „некоторого демона“, постоянно поддерживающего ось цилиндра в вертикальном положении¹⁾, так что самому Джинсу приходится иметь дело только с устойчивостью формы сечения цилиндра, представляющей, как я сказал, круг с осью вращения в центре. Далее, он допускает, как это делали и мы, что жидкость, образующая цилиндр, сокращается в диаметре, и находит, что скорость вращения должна возрасти настолько, чтобы момент вращения остался постоянным. Сначала свойственная сечению форма круга бывает устойчивой, но по мере увеличения сокращения диаметра устойчивость уменьшается и в конце концов сводится к нулю. Эта стадия процесса представляет собою форму бифуркации, и устойчивость переходит к новому ряду форм, состоящему из цилиндров с эллиптическим сечением. Круглые цилиндры вполне аналогичны нашим планетным сфероидам, а эллиптические—якобисвым эллипсоидам.



Фиг. 4. Сечение вращающегося жидкого цилиндра.

С дальнейшим уменьшением диаметра эллиптические цилиндры становятся неустойчивыми, мы приходим к новой форме бифуркации, и устойчивость переходит к ряду цилиндров с грушевидным сечением. До сих пор сходство между нашей проблемой и проблемой Джинса—полное, и благодаря большой простоте своих условий он имеет возможность идти в

своих исследованиях дальше. Он находит, что отросток грушевидного сечения продолжает удлиняться все более и более, и сплющивание между ним и осью вращения приобретает характер перемычки. Наконец эта шейка или перемычка разрывается, и возникает цилиндр-спутник. Фигура Джинса на более далеко зашедшей стадии развития изображена на чертеже 4, но его вычисления еще не дают ему возможности нарисовать картину положения вещей после разрыва перемычки.

Допущение точного параллелизма между нашей проблемой и этой сопряжено с известными трудностями, и, таким образом, окончательное развитие нашей грушевидной фигуры и конец ее устой-

¹⁾ Фигуральное выражение, указывающее, что в этой задаче мы отвлекаемся от выяснения условий, удерживающих ось цилиндра.

чивости в форме бифуркации остаются скрытыми от нашего взора, но последовательные изменения рассматриваемой фигуры, поскольку их можно было определенно проследить, весьма поучительны для изучения эволюции звезд.

Были сделаны попытки подойти к этой проблеме и с другого конца. Если мы будем исходить из рассмотрения жидкого спутника, вращающегося вокруг жидкой планеты, и обратим свое внимание назад, к более отдаленному времени, то мы должны принять, что обе массы распрянутся настолько, что их плотность уменьшится. Были предложены различные фигуры, воспроизводящие формы этих двух масс, вплоть до того момента, когда их поверхности вплотную подходят друг к другу, и даже до того, как они только что сливаются, но анализ их устойчивости—дело далеко не легкое. В настоящее время, повидимому, можно считать установленным, что слияние путем какого-либо ряда устойчивых превращений недостижимо, а раз так, то исследования проф. Джинса уже утрачивают на некоторой неопределенной стадии характер истинной аналогии с нашей проблемой. Но как бы то ни было, исследования в этом направлении проливают поучительный свет на то, что мы можем ожидать встретить в эволюции реальных звездных систем.

Во второй части настоящей статьи я укажу значение, какое; могут иметь эти исследования идеальной жидкой звезды при изучении двойных звезд

II.

На небесном своде есть много звезд с переменным блеском. Среди них одна категория представляет специальные особенности, звезды этой категории известны под названием „переменных типа Альголя“, потому что переменчивость типа звезды β Персея, или Альголя, первая привлекла внимание астрономов и до сих пор еще, пожалуй, эта звезда является самой замечательной из всей категории. Но обстоятельства, вызвавшие открытие этой звезды, были столь необычайны, что на них стоит несколько остановиться.

Джон Гудрайк, глухонемой, родился в 1764 г.; он был внук и наследник сэра Джона Гудрайка из Рибстон-Голла в Йоркшире. В ноябре 1782 г. он заметил, что блеск Альголя усиливался и ослабевал ¹⁾, и стал наблюдать его, пользуясь каждой ясной ночью в промежуток с 28-го декабря 1782 г. по 12-е мая 1783 г. Он сообщил свои наблюдения Королевскому Обществу и высказал предположение, что переменный блеск звезды зависит от периодических затмений, вызываемых ее темным спутником,—теорию,

¹⁾ Существуют известия, что некий Георг Палиц, фермер из Пролиса, около Дрездена, еще около 1753 г. заметил простым глазом переменный блеск Альголя. Journ. Brit. Astron. Assoc. Vol. XV f. (1904—05), стр. 203.

ныне общепринятую. Королевское Общество признало важность этого открытия, удостоив Гудрайка, в то время 19-ти летнего юношу, своей высшей почетной награды, медали имени Копли. Его позднейшие наблюдения над β Лиры и δ Цефея были столь же замечательны, как и наблюдения над Альголем, но, к несчастью, столь много обещавшая карьера была прервана смертью две недели спустя после избрания его членом Королевского Общества ¹⁾.

Теория Гудрайка получила подтверждение только в 1889 г., когда Фогелем было доказано, что Альголь движется по некоторой орбите и притом таким образом, что усиление и ослабление его блеска можно объяснить только частичным затмением, вызываемым его темным спутником.

Вся масса системы Альголя вполонину меньше массы нашей солнечной системы, и тем не менее обе звезды совершают свое полное движение по орбите в короткий период 2 дня 20 час., 48 мин., 55 сек. Блеск остается постоянным в течение каждого периода, за исключением 9 час. 20 мин., когда он значительно ослабевает ²⁾; кривая, выражающая изменения в яркости, изображена на фиг. 7b.

Спектроскоп дал астрономам возможность доказать, что многие звезды, представляющиеся одиночными, в действительности состоят из двух звезд, вращающихся одна вокруг другой ³⁾; они известны под именем спектроскопических двойных звезд. Кембель из Ликской обсерватории полагает, что на шесть звезд, по крайней мере, одна бывает двойной ⁴⁾; таким образом, в пределах наблюдений при помощи спектроскопа таких звезд должно существовать много тысяч.

Ориентировка плоскостей орбит двойных звезд, повидимому, совершенно произвольна, и, как общее правило, яркость двойной звезды не меняется. Среди всех таких орбит должны существовать некоторые, плоскости которых почти проходят через солнце и в этих случаях затмение одной звезды другой становится неизбежным, и за время одного оборота произойдет два затмения неравной силы.

¹⁾ Dict. of National Biography, статья Goodrike (John). Статья принадлежит мисс Агнессе Клерк. Странно, что она, повидимому, тогда не знала о глухоноте Гудрайка, хотя в ее „Problems of Astrophysics“, Лондон, 1903 г., стр. 337, она отмечает этот факт. *Прим. автора.*

²⁾ Clerke, „Problems of Astrophysics“, стр. 302, гл. XVIII.

³⁾ Если источник света приближается с большой скоростью, то световые волны сгущаются, и, обратно, они расходятся при удалении источника света. Таким образом, движение линии зрения вызывает бесконечно малое изменение цвета. Положение известных темных линий в спектре дает возможность чрезвычайно точно измерить цвет. Так, перемещение этих спектральных линий позволяет нам измерять скорость движения источника света, приближающегося к наблюдателю или удаляющегося от него.

Прим. автора.

⁴⁾ Astrophysical Journ., vol. XII. p. 89, 1901. См. также A. Roberts. в Nature, Sept. 12, 1904, p. 468.

Легко видеть, что в большинстве таких случаев обе звезды должны двигаться очень близко одна к другой.

Совпадение между спектроскопическими и фотометрическими данными дает нам прочную уверенность в правильности теории затмений. Поэтому, когда мы встречаем звезду с кривой изменения напряжения света, обнаруживающей совершенную правильность, и со всеми характерными чертами кривой Альголя, мы в праве и на нее распространить теорию затмений, хотя она может быть слишком слабой для надлежащего спектроскопического исследования. Такое приложение теории к новым случаям значительно увеличивает число интересных для исследования объектов, и благодаря ей было уже открыто до 30 двойных звезд.

Д-р Александр Робертс, из Ловделя в Канской колонии, справедливо замечает, что изучение переменных звезд типа Альголя „вплотную приводит нас к вопросу об эволюции звезд“ ¹⁾.

Поэтому-то я и предполагаю изложить несколько подробнее результаты, к которым пришел он и некоторые другие наблюдатели.

Хотя эти переменные звезды представляют собою просто светящиеся точки, но с помощью спектроסקопа было доказано, что закон тяготения имеет силу и в отдаленнейших областях звездного пространства, а теперь, повидимому, явилась возможность путем косвенных методов даже исследовать формы звезд и таким образом приступить к изучению их эволюции. Цель умозаключений, которую я приведу, конечно, по необходимости, должна вызывать критические возражения, но все же наша теория объясняет факты настолько совершенно, что трудно устоять против уверенности в том, что мы идем по пути истины.

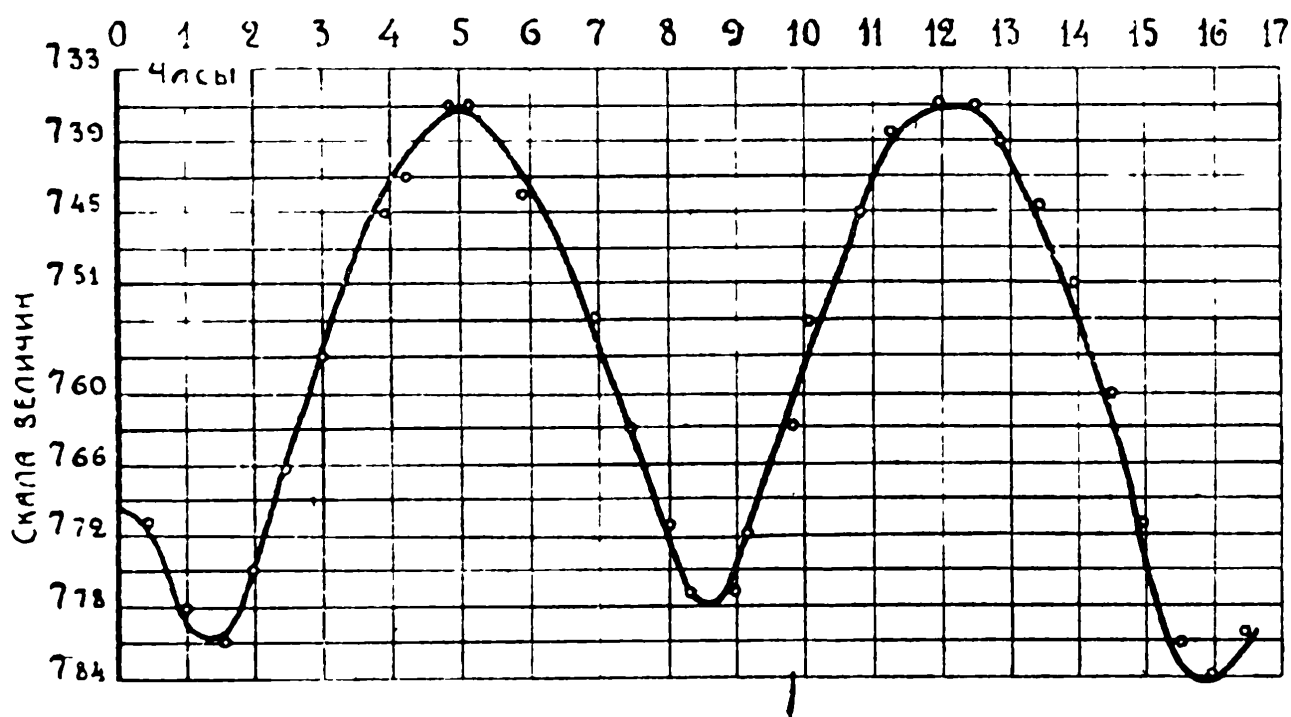
Яркость звезд характеризуется так называемой „величиной звезды“. Средняя яркость звезд, доступных еще простому, невооруженному глазу, называется 6-й величиной. Звезда, дающая свет в $2^{1/2}$ раза меньше света звезд 6-й величины, называется звездой 7-й величины; звезда же, дающая в 2 с половиной раза больше света, получает название звезды 5-й величины, и путем последовательного умножения или деления на $2^{1/2}$ мы получаем звезды большей или меньшей величины. Звезды отрицательных величин ясно доступны наблюдению простым глазом; так, величина Спирюса равна—1,4, величина солнца—26.

При определении величины приходится иметь дело также и с дробными величинами; так, наприм., свет от двух свечей, помещенных от наблюдателя на расстоянии—одна в 100 фут., а другая—100 фут. 6 дюймов, различается по яркости на одну сотую величины.

Много усилий мысли было потрачено на измерение яркости звезд, но я опишу только один из применяемых при этом методов, принадлежащий великому астроному Аргеландеру. По соседству от

¹⁾ Proc. Roy. Soc. Edinburgh, XXIV, Pt. II (1902), p. 73.

наблюдаемой звезды выбирается в качестве образца для сравнения полдюжины звезд заранее известной, неизменной величины, одни более, другие—менее яркие, чем звезда, подлежащая измерению; таким образом, эти звезды дают наглядную шкалу яркости. Предположим, что мы номеруем их в порядке возрастающей яркости цифрами от 1 до 6; тогда наблюдатель устанавливает, что в данную ночь его звезда по яркости занимает место между 2 и 3, на следующую ночь, скажем, между 3 и 4, а затем она может снова вернуться к положению между 2 и 3 и т. д. Путем практики наблюдатель приобретает навык оценивать яркость до малых дробных частей величины, и даже сотая часть величины не оставляется при этом без внимания.



Фиг. 5. Кривая изменения силы света RR Центавра.

Возьмем пример. При наблюдении звезды RR Центавра д-р Робертс обыкновенно пользовался для сравнения пятью звездами, и в течение трех месяцев он произвел 300 полных наблюдений. Когда период цикла был точно установлен, из этих 300 величин были выведены средние, занимавшие известные средние места в цикле, и таким образом была получена средняя кривая изменения напряжения силы света. Примеры таких кривых можно найти на черт. 5 и 7 ¹⁾.

Теперь я обращаюсь к результатам наблюдений над RR Центавра не только потому, что они дают наиболее легкий путь к объяснению описываемых исследований, но и потому, что это одна из звезд, доставляющая нам наиболее поразительные данные в связи с предметом настоящего очерка. Эта звезда имеет среднюю

¹⁾ По недосмотру при перечерчивании фиг 5 кривая была искажена; конец правой ветви должен совпадать с концом левой: три точки с правой части рисунка надо поднять на одну клетку выше.

величину около $7\frac{1}{2}$, а потому невидима для невооруженного глаза. Ее период изменчивости равен 14 ч. 32 м. 10,76 сек. Были определены 29 средних значений ее величины, и все они почти равномерно распределялись на протяжении всего цикла изменений. Черными точками на черт. 5 отмечены средние значения, определенные д-ром Робертсом. Последние три точки на крайнем правом конце—те же самые, что и первые три на крайнем левом, и повторены, чтобы показать, как начнется следующий цикл. Значение сглаженной пунктирной кривой мы объясним ниже, но по отношению к скале величин, обозначенных по краям чертежа, ею можно воспользоваться для указания на то, что эти точки могут образовывать совершенно сглаженную кривую, если мы будем передвигать некоторые из них приблизительно на одну сотую величины.

Эта кривая изменения напряжения силы света обнаруживает характерные черты, обусловленные последовательными затмениями, но точная форма кривой должна зависеть от природы двух вызывающих взаимные затмения звезд. Если мы хотим истолковать кривую со всей возможной полнотой, то нам необходимо установить некоторые предварительные допущения относительно звезд. Эти допущения таковы: во-первых, яркость звезд одинакова по всему их диску, и, во-вторых, они не окружены поглощающей атмосферой значительной толщины. Последнее допущение кажется мне самым опасным во всей теории.

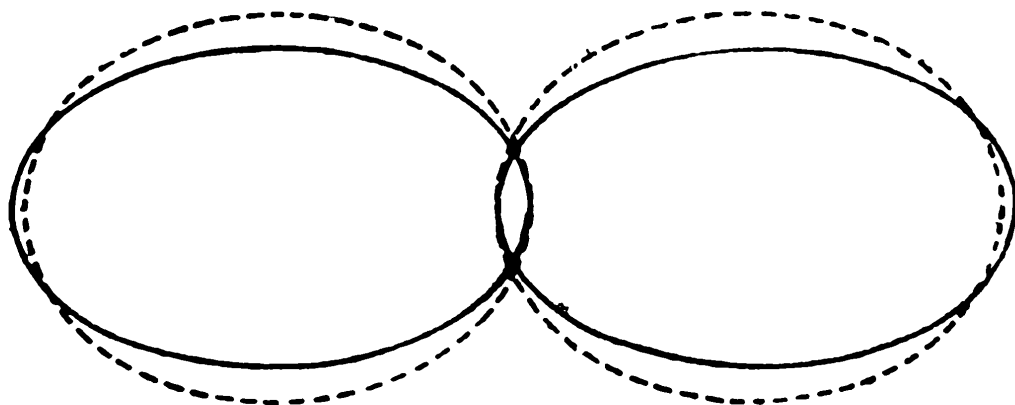
Приняв эти предпосылки, мы находим, что если бы каждая из затмевающихся звезд имела сферическую форму, то нельзя было бы получить подобной кривой с надлежащей точностью. Обе звезды, несомненно, находятся очень близко друг от друга, и очевидно, что в таком случае приливные силы, действующие со стороны каждой из них на другую, должны быть таковы, что в результатах их действия фигура каждой звезды удлинится по направлению к другой. Поэтому вполне рационально принять гипотезу, что наша система состоит из пары удлинённых эллипсоидов, длинные оси которых направлены одна к другой. Никакого априорного допущения по поводу отношения масс этих двух звезд между собою, по поводу их относительных размеров и яркости мы не делаем, и орбита может иметь любую степень эксцентриситета. Все эти элементы должны быть определены на основании характера кривой изменения напряжения силы света.

Впрочем, в случае с RR Центавра, д-р Робертс находит, что все эти условия лучше всего будут выполнены, если предположить, что орбита имеет форму круга, величина и масса обеих звезд равны между собою, а яркости их относятся как 4 к 3. Что касается их формы, то, по его определению, она имеет настолько удлиненный характер, что они заходят друг за друга, как это показано на черт. 6, заимствованном у Робертса. Пунктирная кривая обозначает вычисленную мною несколько лет назад форму равновесия вращающейся жидкости; эту кривую я ввел в чертеж для сравнения.

Вернувшись к черт. 5, читатель заметит в сглаженной пунктирной кривой, легкие вариации, которые могла бы дать двойная система, подобная нашей. Кривая получилась в результате вычисления, и нельзя не поражаться близостью совпадения ее с рядом черных точек, явившихся результатом наблюдений.

Несомненно, что RR Центавра представляет собою случай затмевающейся двойной системы, и что обе звезды находятся очень близко друг от друга. Конечно, не доказано, что звезды имеют форму эллипсоидов, но тяготение должно деформировать их, придав им вид удлинённых тел, и если предположить, что они не окружены поглощающей атмосферой и эллипсоидальны, то очертания их должны быть таковы, как показано на чертеже.

Эта кривая изменения силы света прекрасно иллюстрирует то состояние звезды, какое мы с полным основанием можем



Фиг. 6. Форма звезды RR Центавра.

считать той стадией в эволюции звезд, когда одиночная звезда близка к разделению на две и образованию двойной.

Так как свет звезды очень слаб, то до сих пор мы не имеем спектроскопических данных о ее движении по орбите. Поэтому обратимся к другой звезде, а именно V Puppis, для которой такие данные имеются. Я приведу о ней некоторые сведения, так как она дает особенно интересное подтверждение правильности нашей теории.

В 1895 г. Пикеринг сообщил в Harvard Circular № 14, что, по спектроскопическим наблюдениям, сделанным в Арекипе, V Pupris представляет собою двойную звезду с периодом в 3 д. 2 ч. 46 м. Когда Робертс стал разрабатывать кривую изменения ее силы света, он нашел, что период этой звезды равен 1 д. 10 ч. 54 м. 27 сек., и ввиду такого серьезного расхождения объяснил разницу в периоде лишь допущением, что обе звезды имеют сферическую форму, и таким образом получил достаточно хорошее изображение кривой изменения силы света. Оказалось, что орбита имеет форму круга, и что оба шара не вполне соприкасались друг с другом. Очевидно, если бы мы приняли, что обе звезды обладают эллипсоидальной формой, они заходили бы друг за друга, как это мы имеем в случае с RR Центавра. В таком положении дело оставалось в течение нескольких месяцев, пока спектроскопические дан-

ные не были заново пересмотрены мисс Каннон по поручению проф. Пикеринга, и в заметках на стр. 177 тома XXVIII „Annals of the Harvard Observatory“ мы находим следующее: „A. G. C. 10534. Эта звезда, относящаяся к переменным типа Альголя, а именно V Puppis, оказалась спектроскопической двойной звездой. Период 1,454 дн. (т.-е. 1 д. 10 час. 54 мин.). соответствует наблюдениям над изменениями в ее яркости и над варьирующим разделением линий спектра. Спектр был изучен на 61 пластинке, на 23 из которых линии эти оказались двойными“. Таким образом мы имеем ценные данные, подтверждающие правильность заключений, выведенных на основании кривой изменения силы света. Я, однако, не считаю нужным воспроизводить предварительный чертеж д-ра Робертса.

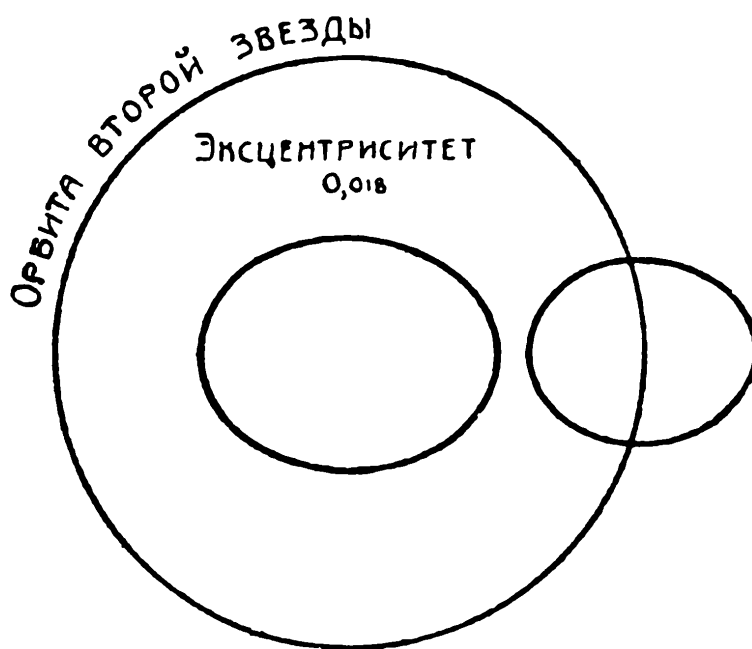
Теперь я перехожу к выводам, сделанным за несколько лет перед тем другим наблюдателем. Здесь мы имеем дело со звездами, не вполне соприкасающимися друг с другом. Я имею в виду звезду β Лирь, наблюдавшуюся Гудрайком, Аргеландером, Белопольским, Шуром, Марквиком и многими другими. В этом случае спектроскопический метод был применен с успехом и было доказано, что каждая из

звезд движется вокруг другой по некоторой орбите. В 1897 г. м-р Г. В. Майерс применил теорию затмений к ее кривой изменения напряжения силы света, исходя из гипотезы, что обе звезды представляют собою удлинённые эллипсоиды, и получил интересные результаты изображенные на чертеже 7.

Период β Лирь сравнительно долг и равняется 12 дн. 21 ч. 47 мин., орбита заметно эксцентрична, и оба сфероиды не столь удлинённые, как это было в случае RR Центавра. Масса системы—огромна, так как одна звезда в 10 раз, а другая в 21 раз тяжелее нашего солнца.

По этому поводу можно привести еще дальнейшие данные, но мы уже достаточно сказали для того, чтобы стали понятны выводы, сделанные из этой категории наблюдений.

В моем анализе этих замечательных систем я сознательно отложил рассмотрение одного очень важного положения. Так как кривая изменения силы света может быть истолкована при помощи затмений, то отсюда следует, что размеры обеих звезд могут быть



Фиг. 7а. Система β Лирь.

определены по отношению к расстояниям между ними. Период их движения по орбите известен, будучи тождествен с полным периодом переменчивости их света, и путем простого применения закона Кеплера о периодичности обращения планет мы получаем возможность вычислить сумму масс обеих звезд, деленную на куб расстояния между их центрами. Но если размеры обоих тел нам известны, можно вычислить и среднюю плотность всей системы. Во всех случаях эта плотность оказалась значительно меньше плотности солнца: средняя из некоторого числа средних плотностей, которые были определены, составляет только одну восьмую плотности солнца. В некоторых случаях плотность была чрезвычайно мала, и ни в одном она не достигает половины плотности солнца.

Незело было бы предполагать, что эти звезды могут быть во всей своей массе однородны по плотности, и на основании всего, что нам известно о небесных телах, представляется вероятным, что звезды эти газообразны в своих внешних частях и сильно уплотнены у центров. Этот вывод подтверждается соображениями, вытекающими из теории вращающихся масс жидкости ¹⁾.

Хотя, как указывалось выше, о формах и устойчивости фигур, состоящих из однородной несжимаемой, падающей в состоянии вращения, жидкости мы знаем довольно много, но относительно равновесия вращающихся газообразных звезд до сих пор было мало известно. Фигуры, вычисленные на основании однородных жидкостей, очевидно, могут дать лишь общие указания о характере фигур, какие мы можем ожидать встретить в звездной вселенной. Так, пунктирная кривая на черт. 5, изображающая одну из вычисленных мною фигур, представляет некоторый интерес, если поместить ее рядом с фигурами звезд в RR Центавра, вычисленными на основании наблюдений, но ее нельзя принять, как вычисленную форму подобной системы. Кроме того, позже я доказал, что подобная фигура однородной жидкости неустойчива. Из этой неустойчивости, однако, вовсе не должно непременно следовать, что аналогичная фигура сжимаемой жидкости также неустойчива (более полно мы скажем об этом ниже).

Проф. Джинс в одной статье с большим искусством затронул трудные проблемы условий равновесия и устойчивости сферической туманности ²⁾. В более поздней статье ³⁾, сопоставляя условия, определяющие расщепление звезды на две части, когда звезда газообразна и сжимаема, с соответствующими условиями в случае несжимаемой жидкости, он указывает, что для газообразной звезды „вызывающей расщепление силой уже не будет одно только вращение; тяготение будет оказывать действие в том же направлении... На основании цифровых выкладок, приведенных в разных

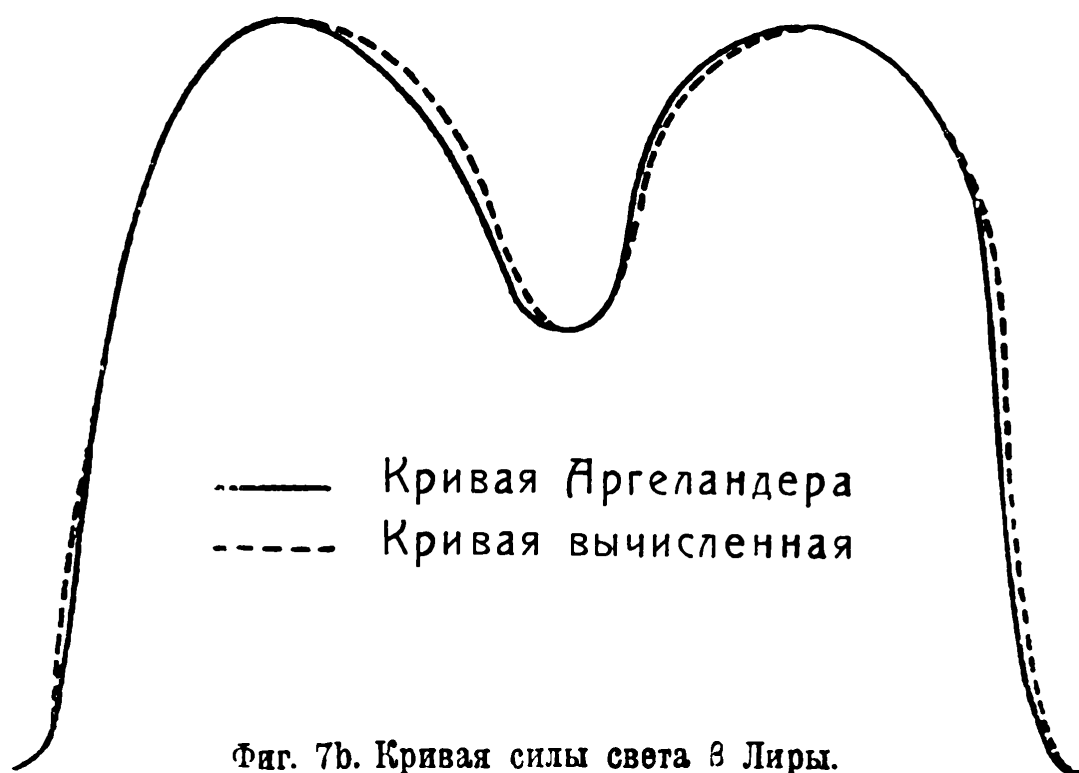
¹⁾ См. J. H. Jeans, „On the density of Algol Variables“. *Astrophys. Journal*, Vol. XXII (1905), p. 97.

²⁾ *Phil. Trans. R. S.* Vol. CXIX, A (1902), p. 1. См. также A. Roberts, *S. Afric. Assoc. Adv. Sci.* Vol. I (1903), p. 6.

³⁾ *Astrophys. Journal*, Vol. XXII (1905), p. 97.

моих статьях,... я пришел к заключению, что неустойчивость по отношению к тяготению описанного рода должна считаться первоначальным фактором, игравшим роль в действительной эволюции вселенной, лапласовское же вращение имело лишь второстепенное значение в смысле влияния на отделение спутника, после его возникновения, от первоначального тела звезды“.

Не мешает сказать несколько слов в объяснение встречающегося в приведенной цитате выражения „неустойчивость по отношению к тяготению“. Смысл его таков: когда концентрация газообразной туманности (при отсутствии вращения) достигла известной стадии, то распределение на сферические слои равной плотности становится неустойчивым, и тем достигается форма бифуркации. Для дальнейшей концентрации сферические слои становятся



Фиг. 7b. Кривая силы света в Лиры.

неустойчивыми, и новая устойчивая форма бывает связана с уплотнением звездной массы около двух центров. Первым признаком этого нового положения вещей служит то, что сферические слои перестают быть совершенно концентрическими и слои одинаковой плотности начинают принимать форму вроде грушевидной, напоминающей ту, какую, как мы видели, принимает несжимаемая жидкость под влиянием вращения. Поэтому выходит так, что, тогда как жидкий шар устойчив, газообразный шар может стать неустойчивым.

Таким образом, условия устойчивости в этих двух простых случаях различны, и вероятно, что тогда как известные формы вращающейся жидкости отличаются неустойчивостью, аналогичные газообразные формы могут быть устойчивы. Поэтому-то и следует рассмотреть неустойчивые формы вращающейся жидкости.

Здесь, по моему мнению, нет почти никакого сомнения, что Джинс прав, считая неустойчивость по отношению к тяготению первоначальной причиной расщепления; но если мы примем во внимание, что двойная система, с массой, превышающей массу солнца, совершает вращение в несколько часов, то, повидимому, есть все основания считать вращение второй причиной, и едва ли менее важной, чем первоначальная основная.

При современном состоянии наших знаний мысленно воспроизвести процесс эволюции звезд можно лишь на основании указаний, почерпнутых из различных источников. Пржде всего мы должны исходить из общих принципов устойчивости и отыскивать ряд форм, образующих семейства, из которых каждый кончается известной неустойчивой формой, становящейся, в свою очередь, исходной точкой для следующего семейства устойчивых форм. Во-вторых, нашим путеводителем служит аналогия с последовательными изменениями в эволюции идеальных жидких звезд; и, в третьих, мы уже обладаем некоторым знакомством с равновесием газообразных звезд.

На основании этих данных можно набросать картину вероятной истории двойных звезд. Первоначально каждая двойная звезда, надо думать, была одиночной, обладала широко рассеянным строением и очень медленным вращением. При таких условиях, слои одинаковой плотности должны были обладать планетной формой. По мере ее охлаждения и сокращения симметрия вокруг оси вращения должна была приобрести неустойчивый характер вследствие действия тяготения, усиливаемого, быть может, возрастающей скоростью вращения ¹⁾. Слои одинаковой плотности должны были получить несколько грушевидную форму, а потом форму, подобную песочным часам, с перемычкой, более выраженной во внутренних, чем во внешних слоях. Перемычки следующих друг за другом слоев начали тогда разрываться в порядке изнутри кнаружи и когда, наконец, разрывы эти закончились, то должны были появиться двойные звезды, описанные Робертсом и другими исследователями.

Как мы видели, изучение форм равновесия вращающейся жидкости почти вполне закончено, а Джинс положил хорошее начало исследованию равновесия газообразных звезд, но для дальнейших открытий остается еще более широкое поле. Здесь открываются широкие перспективы для математиков, и чем лучше будут обследованы ими интересующие нас области, тем больше возрастут наши знания о процессах космической эволюции.

Со стороны наблюдений, усовершенствование методов в пользовании спектроскопом и увеличение точности фотометрических

¹⁾ Как сообщил мне проф. Джинс, он теперь (декабрь 1908) полагает что в состоянии доказать, что некоторое малое количество вращения необходимо, чтобы вызвать неустойчивость в симметрическом расположении.

Прим. автора.

измерений в ближайшие годы несомненно значительно обогатят наши знания. Возможно, что прогресс в области наблюдений над небесными телами будет идти быстрее, чем прогресс в области теоретических исследований; мы знаем, насколько поразительны были тут успехи за последние несколько лет, теория же представляет необычайные трудности; но и наблюдения и теоретические изыскания должны идти рука об руку. Слишком коротка человеческая жизнь, чтобы мы имели возможность следить за неторопливым процессом космической эволюции: но небесный музей заключает в себе столько экспонатов, что с помощью теории может оказаться возможным собрать воедино по кусочкам и восстановить процессы, проходимые звездами на пути их эволюции.

В моей попытке дать читателю представление об этом увлекательном предмете, я довел читателя до самых крайних границ современного знания. Всего лишь не больше четверти века назад эта область наблюдений привлекла к себе пристальное внимание астрономов; за это время уже были сделаны некоторые важные открытия, и не видно пределов тому, что еще может быть открыто в этой области за предстоящее столетие. Некоторые из изложенных мною взглядов могут оказаться ложными, но в высокой степени невероятно, чтобы нас все время сбивали с истинного пути обманчивые блуждающие огоньки.

Л. БОЛЬТЦМАН.

Второй закон механической теории тепла ¹⁾).

(Перев. Ю. Е. Бараца).

Когда до меня дошла очередь говорить при праздничной обстановке в этом собрании, где сидит столько лиц, которым я должен быть благодарен за свое научное воспитание, я хорошо сознавал всю трудность взятой на себя почетной обязанности и только после длительного размышления согласился принять ее на себя. Поэтому я считаю необходимым посвятить несколько слов в оправдание выбранной мною темы. Это гораздо легче сделать философу или историку, находящимся в постоянном контакте с публикой. В естественных науках долго господствовал обычай обсуждать общие темы так называемого философского или метафизического содержания. И если я сегодня отступаю от этого обычая, то не подозревайте меня в том, что мне эти общие проблемы кажутся менее значительными или важными по сравнению с теми бесчисленными специальными вопросами, которые выдвигает современное естествознание.

Только способ обсуждения этих общих проблем, обычно применявшийся до сих пор, а в некоторых случаях, я, пожалуй, выразился бы, тот факт, что они уже обсуждались, кажется мне ошибочным; отсюда вытекает своеобразное явление, что, в то время, как в специальных областях знания работа была чрезвычайно плодотворной, самые напряженные усилия, потраченные на разрешение общих проблем, часто бывают совершенно безуспешными: в области специальных вопросов, при всех разногласиях по поводу подробностей, в самом существенном все же господствует единство взглядов; в проблемах же общего характера, самые противоречивые воззрения находят своих сторонников, часто абсолютно не понимающих друг друга, несмотря на то, что в специальных вопросах они единодушны и сообща работали.

¹⁾ Доклад, сделанный на торжественном заседании Академии наук в Вене 29 мая, 1886 г.

В естествознании менее, чем где-либо, оправдывается положение, что прямой путь самый короткий. Когда полководец думает взять неприятельский город, он не будет искать по карте кратчайшего пути, напротив, он будет вынужден совершать самые разнообразные обходы; каждый клочек земли, даже лежащий в стороне от дороги, становится для него важным опорным пунктом, если только он может его занять; неприступное же место он будет обходить. Точно так же естествоиспытатель не спрашивает, какие вопросы самые важные, но какие разрешимы в данный момент или при разрешении каких вопросов достигнем наибольший реальный успех.

До тех пор, пока алхимики искали философский камень, стремились постичь искусство делания золота, все их опыты были бесплодны; только ограничение себя разрешением малоценных, на первый взгляд, задач создало химию. Таким образом на первый взгляд кажется, что естествознание совершенно теряет из виду великие проблемы общего характера, но тем великодушнее успех, когда, с трудом пробиваясь в густой чаще специальных вопросов, мы вдруг находим небольшой просвет, сквозь который открывается неожиданный вид на все целое.

Наклонная плоскость Галилея, цепь Стевина сделались могущественными опорными пунктами, исходя из которых механика объясняет не только внешние взаимоотношения тел, но проникает и в сущность материи и силы.

Замечательные факты, находимые химиками, ежедневно служат точно так же многочисленными новыми доказательствами атомизма.

Опыты Джауля окончательно разрешили старые споры относительно сущности работы импульса и живой силы. Разрешением великого вопроса: каким образом мы произошли? куда мы идем? в течение тысячелетий занимались величайшие гении, ставившие его самым глубокомысленным образом и так и сяк, с каким результатом—это мне неизвестно, но во всяком случае без существенного, неоспоримого движения науки вперед. Бесспорно, фактический успех был достигнут только в нашем столетии, благодаря в высшей степени тщательному изучению и сравнительным опытам с разведением голубей и прочих домашних животных, окраской летающих и плавающих животных, благодаря наблюдениям над поразительным сходством безвредных животных с ядовитыми, благодаря старательному сравнению строения цветов с формами оплодотворяющих их насекомых. Конечно, эти области исследования кажутся на первый взгляд имеющими только второстепенное значение, но только благодаря им можно было достигнуть действительных успехов, и именно они были надежным операционным базисом для единственного в истории науки успешного похода в область метафизики. Шиллер замечает относительно исследователей своего времени: „Они собираются уловить истину с помощью сетей и багров; но она ускользает от них подобно привидению“.

Сколько же велико было бы его сомнение в возможности уловления истины при том хаосе аппаратов, который открылся бы ему при взгляде на снаряжение современной физики или химии; а именно так обстоит дело в лабораториях минералогов, ботаников, зоологов, физиологов и т. д. Я смотрю на них не только как на аппараты, устроенные для того, чтобы, видоизменив силы природы, заставить их нам служить, нет, я взираю на них с большим благоговением, ибо я вижу в их устройстве действительное средство к тому, чтобы разоблачить сущность вещей. Некоторые проблемы, конечно, напоминают вопрос, поставленный одному художнику, что за картину он спрятал за большим занавесом. „Занавес и есть картина“, ответил он. Ему было предложено обмануть знатоков своим искусством, для чего он и нарисовал картину, изображающую занавес. Не напоминает ли, быть может, завеса, окутывающая сущность вещей, нарисованный художником занавес?

Если мы будем рассматривать аппараты экспериментальных наук о природе, как инструменты для достижения практических успехов, то, конечно, мы не можем отрицать достигнутых с помощью их результатов. Достижения превзошли всякое воображение; то, о чем грезили наши предшественники в своих сказках, оказалось далеко позади тех изумительных чудес, которые действительно совершила наука в соединении с техникой на наших глазах.

Облегчение сношений между людьми, способов перевозки владений и обмена мыслей способствовало почти беспримерному повышению и расширению цивилизации, что в истории прошлых веков соответствует разве только искусству книгопечатания. И кто мог бы поставить конечную цель идущему вперед человеческому духу?

Ведь изобретение управляемого воздушного корабля является только вопросом времени ¹⁾. И все-таки я верю, что не эти достижения наложат печать на наш век. Если вы меня спросите относительно моего глубочайшего убеждения, назовут ли нынешний век железным веком или веком пара и электричества, я отвечу, не задумываясь, что наш век будет называться веком механического миропонимания, веком *Дарвина* ²⁾.

Надеюсь, что после этого признания вы будете более снисходительны, если я займу ваше внимание совершенно незначительным, узко-ограниченным вопросом, и не будете меня обвинять в пренебрежении к великим проблемам общего характера, если я обращаюсь к вещам, не имеющим пока никакой связи с вышеупомянутыми проблемами. Впрочем обсуждение узко-ограниченной, специальной темы не будет совершенно безынтересно и для ши-

¹⁾ Большая проницательность автора: в те времена, когда эта речь была произнесена, далеко не все так думали.

Прим. ред.

²⁾ Эти слова великого физика не мешало бы припомнить многим современным биологам.

Прим. ред.

рокой публики. Давно миновали те времена, когда смертный мог охватить все или большую часть научных отраслей: теперь наступило ограничение не только в определенной научной отрасли, но даже в ее пределах мы ограничиваем себя узкой областью. Но зато при этом происходит все более глубокое взаимное переплетание различных областей науки, так что, несмотря на чрезвычайно далеко проведенное разделение труда, ни один отдельный работник никогда не должен терять из виду чужих областей, а это, к сожалению, невозможно без хотя бы беглого обзора время от времени деталей чужих областей.

Когда-то совокупность наук о природе мы делили на два главных комплекса: один из них обозначали как описательные науки о природе; другой комплекс, обнимавший собой физику, химию, астрономию, физиологию и, поскольку их причисляли к наукам о природе, также математику, геометрию и механику, следовало бы последовательно назвать объяснительными науками о природе. Нас не должно удивлять то обстоятельство, что естественно-исторические дисциплины первого комплекса протестовали против такого ограничения поставленных им задач. После мощного развития геологии, физиологии и т. д., в особенности, после всеобщего признания идей Дарвина, они смело отваживаются объяснять образование как минеральных форм, так и органических. Но замечательно, что в то же время с другой стороны мы обнаруживаем противоположное течение. С величайшей ясностью Кирхгоф в своем обширном труде по механике ставит себе задачей описать явления природы возможно просто и наглядно, отказываясь от какого-либо объяснения, и с тех пор в физике то, что раньше называлось объяснением, неоднократно стало характеризоваться как простое описание фактов. Это происходит потому, что желают избежать неопределенности, связанной с понятием объяснения. Если желают объяснить движения с помощью сил, силы — сущностью вещей, явления — с помощью вещи в себе, то кажется, что мы понимаем слово „объяснение“ в том смысле, что объясняемое должно быть сведено к совершенно новому, вне его лежащему принципу. Такое понимание совершенно чуждо науке о природе. Последняя только разлагает комплексы на более простые, но однородные составные части, сводит более сложные законы к более фундаментальным. И когда нам этот процесс удастся, мы уже по привычке не желаем остановиться там, где этот процесс объяснения естественно должен окончиться.

Обыкновенно усматривают ограничение нашего интеллекта в том обстоятельстве, что если бы нам удалось найти самые простые основные законы, то мы не могли бы их дальше объяснить или обосновать, т.-е. разложить на более простые. Не стоим ли мы снова перед вышеупомянутым нарисованным занавесом? Разве кто-нибудь усмотрит ограниченность нашего чувства зрения в том, что никто не может сказать, какая картина находится за занавесом? Слово „объяснить“ мы сможем сохранить, если с самого начала будем держаться далеко от подобного рода задних мыслей.

Мы заключаем относительно существования всех вещей только из впечатлений, которые они производят на наши органы чувств. Поэтому самый красивый триумф науки бывает в том случае, когда нам удастся заключить о существовании большой группы вещей, почти не ощущаемых нами; так, напр., астрономам удалось на основании скудных остатков света заключить о существовании бесчисленного количества небесных тел, превышающих по своим размерам нашу землю часто в тысячи, даже в миллионы раз и находящихся на таком расстоянии, что при одной мысли мы чувствуем головокружение. И если я в числе инструментов, за которые метафизика должна бы быть благодарна, не назвал приборов астрономических обсерваторий, начиная с простейшего диоптра древних египтян до подзорной трубы Галилея и Кеплера и до громадных инструментов Альвана Кларка, то это показывает только, как недостаточен мой перечень. Все наблюдения единогласно доказывают, что существуют тела таких ничтожных размеров, что, только сцепляясь миллионами, они могут возбуждать наши органы чувств. Мы называем их атомами и молекулами. При исследовании атомов мы часто находимся во многих отношениях еще в более неблагоприятных условиях, чем в астрономии. Небесные тела мы можем представлять себе похожими на нашу землю, и если даже между ними несомненно существуют самые разнообразные различия в величине, агрегатном состоянии, температуре и т. д., мы все-таки и в этом случае можем мыслить себе некоторую расплавленную металлическую массу, большие накалинные газовые шары, при чем можем опираться на данные, доставляемые спектральным анализом. По структуре атома мы пока еще ничего не знаем и до тех пор ничего не будем знать, пока нам не удастся сформировать гипотезу на основании фактов, наблюдаемых нашими органами чувств¹⁾. Удивительным образом нужно и здесь возложить все надежды на успех на искусство, оказавшееся таким могущественным при исследовании небесных тел, а именно на спектральный анализ. Что такие чрезвычайно маленькие тельца существуют, и что их совокупное действие образует тела, воспринимаемые органами чувств, является, конечно, только гипотезой; совершенно точно такой же гипотезой представляется допущение, что то, что мы видим на небе, обуславливается столь громадными и столь далеко удаленными телами; тоже в сущности можно сказать и про гипотезу, что кроме меня существуют другие люди, чувствующие радость и боль, что существуют также животные, растения и минералы. Быть может, гипотеза, что звезды являются только светящимися искрами, еще лучше будет объяснять небесные явления, чем наша современная астрономия; может быть, но невероятно. Может быть, атомистическая гипотеза будет вытеснена какой-либо другой гипотезой. Может быть, но невероятно.

¹⁾ В настоящее время эти соображения Больцмана блестяще оправдались. О строении атома см. II выпуск настоящего сборника. *Прим. ред.*

Здесь не место перечислять все доводы, какие можно было бы привести в обоснование атомистической гипотезы. Едва ли нужно напоминать о гениальных умозаключениях Томсона, который самыми различными путями, давшими результаты, вполне удовлетворительно совпадающие друг с другом, определил, из скольких отдельных телец состоит кубический миллиметр воды. Мне нечего упоминать о том, что, кроме многих фактов в химии, именно благодаря атомистической гипотезе удалось заранее вычислить зависимость постоянной трения газа от температуры, вычислить абсолютное и относительное значение постоянной диффузии и теплопроводности. Эти предсказания мы, конечно, можем поставить наравне с открытием, на основании вычислений, планеты Нептуна, сделанным Леверье, и с предсказанием конической рефракции Гамильтоном.

Обсуждать здесь подробно решение двух из перечисленных проблем нет необходимости, так как с ними навсегда и неразрывно связано имя одного из членов нашей академии. Я вкратце напомню только вычисление постоянной трения, сделанное Максвеллом. Он делает из своей теории вывод, что сопротивление, испытываемое телом, движущимся в газообразной среде, для целого класса явлений не зависит от плотности газа. Эти явления характеризуются тем, что в них масса газа не играет никакой роли по сравнению с массой движущегося тела. Все до сих пор сделанные наблюдения противоречили этому; всегда сопротивление в плотной среде оказывалось большим, чем в разреженной. Результат казался также с самого начала невероятным, потому что, если бы сопротивление не зависело от плотности, оно должно было бы остаться таким же и в том случае, если бы плотность равнялась нулю, т.-е. никакого газа не имелось бы налицо.

Максвелл не мог избежать всех этих возражений, и когда он опубликовал в первый раз результаты своей работы, он признался, что предпочитает думать, что в его вычисления вкралась ошибка, чем верить в подобного рода следствия, противоречащие здравому смыслу. Но с тех пор были подвергнуты наблюдению много случаев, принадлежащих к вышеупомянутому классу явлений, и было признано ошибочным только недостаточное доверие Максвелла к мощи собственного оружия. Теперь уже нет никакого сомнения в том, что в этих случаях, действительно, в обширных границах сопротивление не зависит от плотности газа. Если плотность становится слишком малой, то, конечно, сопротивление в конце концов уменьшается и, когда нет более налицо газа, становится нулем, но и здесь теории удалось математически точно заранее вычислить границы приложимости максвелловского закона.

Тесно к атомистике примыкает гипотеза о том, что элементы телесного мира не остаются в покое, находясь неподвижно друг около друга и образуя материю, как кирпичи стену, но что они находятся в непрерывном движении. И эта гипотеза, которую называют механической теорией тепла, также представляет собою воззрение, твердо опирающееся на факты. Мерой и числом это

воззрение обязано принципу сохранения энергии, впервые ясно высказанному Робертом Майером. Энергия может принимать три формы—форму видимого движения тел, теплоты, т.-е. движения мельчайших частиц, наконец, работы, т.-е. взаимного отдаления притягивающих друг друга тел или сближения тел отталкивающихся. Последняя форма энергии кажется наиболее трудной для понимания; указание на ее сущность дают нам соотношения работы магнитов и электрических токов.

Эти соотношения зависят столь разнообразным образом от конфигурации, что у нас невольно напрашивается мысль, что в данном случае могут играть роль движения, которые не только как тепловые колебания молекул скрыты от нашего телесного взора, но относительно природы которых до сих пор даже не было предложено никакой гипотезы, например, движения еще неизвестной среды—мирового эфира. При приближении отталкивающихся или удалении притягивающихся тел движения в этой среде должны были бы увеличиваться; неудивительно поэтому, что зато сумма видимых и тепловых движений уменьшается, так как часть этих движений переходит в гипотетическую среду. Противоположное будет иметь место для обратного случая. Таким образом, все явления можно бы легко вывести из одного общего принципа.

Теплота, видимая живая сила и работа могли бы по желанию быть получены друг из друга и переведены из одной формы в другую, при чем количество всегда было бы сохранено.

На-ряду с этим общим принципом механическая теория тепла поставила второй, мало утешительным образом ограничивающий первый, так называемый второй закон механической теории тепла. Это положение формулируется следующим образом: работа и видимая живая сила могут безусловно переходить одна в другую и без всяких ограничений превращаться в теплоту, наоборот, обратное превращение теплоты в работу или видимую живую силу или совсем невозможно, или возможно только отчасти.

Если и в этой формулировке второй принцип является неприятным дополнением к первому принципу, то, благодаря своим последствиям, он становится гораздо фатальнее. Форма энергии, которая нам пужна для наших целей, есть или энергия работы или видимого движения. Сами по себе тепловые колебания ускользают из наших рук, не действуют на наши органы чувств, так что для нас они совершенно равнозначны с состоянием покоя; поэтому энергия в форме тепла часто обозначается, как рассеянная или деградированная энергия, так что второй закон констатирует непрерывное распространение деградации энергии, пока, наконец, не прекратятся все напряжения, которые могли бы произвести работу, и не прекратятся все видимые движения во вселенной.

Все попытки спасти вселенную от этой тепловой смерти остались безуспешными, и для того, чтобы не возбудить ожиданий,

которых я не в силах выполнить, я тут же отмечу, что я здесь не буду делать такого рода попытки. ¹⁾

Моим единственным намерением является скорее немного ближе осветить второй закон термодинамики с другой точки зрения. Чрезвычайно вероятно, что тепловые движения молекул носят такой характер, что не всегда большая группа соседних молекул имеет одно и то же состояние движения, но что каждая молекула идет своим собственным путем, несмотря на непрерывное взаимное влияние, т.-е., что каждая молекула существует некоторым образом, как самостоятельно действующий индивидуум. Можно было бы думать, что эта самостоятельность отдельных частей тел тотчас проявилась бы во внешних особенностях тел, что, напр., в горизонтальном металлическом стержне то правый, то левый конец сам собою становился бы теплее, в зависимости от того, в каком месте молекулы совершали бы более оживленные колебания; что в газе, если бы движения многих молекул как раз были направлены к одному определенному пункту, в последнем внезапно должна бы повыситься плотность. Ничего такого мы не замечаем и никогда не заметим; это объясняется так называемым законом больших чисел. ²⁾

Как известно, Бокль показал статистически, что, если мы примем во внимание достаточное количество людей, то не только число случаев, обусловленных природой, как-то: число смертей, больных и т. д., но также и относительное число так называемых добровольных поступков, число браков в известном возрасте, преступлений, самоубийств остается совершенно постоянным, пока не изменяются существенно внешние обстоятельства. И в области молекулярных явлений дело происходит подобным же образом. Давление газа на поршень происходит оттого, что то одна, то другая молекула то более сильно, то более слабо, то прямо, то косо налетает на поршень; но вследствие большого количества ударяющихся молекул остается постоянным не только полное давление, но даже на каждый, сколь угодно малый наблюдаемый участок поршня выпадает одинаковая средняя интенсивность толчков. Если мы замечаем, что в каком-либо месте давление повысилось, мы сейчас же будем искать внешнюю причину, заставляющую молекулы притекать предпочтительно к этому месту.

Если в какой-либо системе тел содержится известное количество энергии, то эта энергия не будет трансформироваться произвольно из одной формы в другую, но будет постоянно переходить из менее вероятной формы в более вероятную; если ее распреде-

¹⁾ Дальнейшие работы самого Больцмана привели его к более широкой точке зрения: условия, ведущие к смерти „индивидуального мира“, приводят к условиям возникновения новых миров. См. следующую статью настоящего сборника.

Прим. ред.

²⁾ В малом масштабе отступления, о которых говорит Больцман, мы научились наблюдать. См. статью Перрена во II выпуске настоящего сборника.

Прим. ред.

ление в телах сначала не соответствовало законам вероятности, то в дальнейшем будет обнаруживаться все больше и больше стремления именно к такому распределению. По как раз те формы энергии, которые мы желаем реализовать практически, являются самыми невероятными. Мы, например, желаем, чтобы тело двигалось как одно целое. Для этого нужно, чтобы все молекулы его имели одинаковые и одинаково направленные скорости. Если мы будем рассматривать молекулы, как самостоятельные индивидуумы, то это, логически рассуждая, самый невероятнейший случай. Общеизвестно, как трудно добиться, чтобы сколько-нибудь значительное число самостоятельных индивидуумов одинаковым образом исполняли одно и то же. Только при таком согласовании всех движений достижима высочайшая цель, безусловная превращаемость форм энергии. Всякое отклонение от этой согласованности является деградацией энергии. Равно невероятной является энергия в форме чистой, механической работы; напротив, при химической работе может произойти смешение атомов, хотя бы отчасти соответствующее законам вероятности. То, что мы раньше обозначили, как деградированные формы энергии, является не чем иным, как наиболее вероятными формами энергии, или, лучше сказать, это будет энергия, которая распределилась между молекулами самым вероятным образом. Представим себе, что к некоторому количеству белых шаров прибавлено некоторое количество черных, в других отношениях совершенно похожих на белые шары. Сначала пусть в одном месте имеются только белые, в другом только черные шары. Если мы будем их смешивать рукой или подвергнем их какому-либо другому влиянию, постоянно меняющему их относительное положение, то по прошествии некоторого времени мы найдем их перемешанными самым пестрым образом. То же самое происходит, когда мы имеем тело, более теплое, чем окружающая его среда. Мы имеем большую группу более быстро движущихся молекул внутри групп движущихся более медленно. Если мы более теплое тело приведем в непосредственное соприкосновение с более холодной окружающей средой, то устанавливается соответствующее законам теории вероятностей распределение скоростей. Температура выравнивается, но, если мы изберем окольный путь, то сможем использовать имеющуюся налицо невероятность в распределении энергии, и на ее счет получить другие невероятные формы энергии, которые сами по себе не могли бы образоваться. Мы можем при переходе теплоты с более горячего тела к более холодному часть перешедшей теплоты превратить в видимое движение или в работу, что имеет место в паровых и во всех тепловых машинах. То же самое возможно всякий раз в том случае, когда распределение энергии сначала не соответствует законам вероятности, например, когда тело холоднее окружающей его среды, когда в газе молекулы в одном месте теснее сгущены, в другом рассеяны более редким образом и т. д.

Допустим, что мы имели бы в нижней половине сосуда чистый азот, а в верхней части — водород, оба при одинаковой температуре

и одинаковом давлении; такое распределение не отвечало бы законам вероятности, которая требует, чтобы все молекулы были перемешаны равномерно, как вышеупомянутые белые и черные шары. Если смешение газов совершается непосредственно, то это аналогично случаю, когда между двумя неодинаково нагретыми телами температура непосредственно выравнивается, при чем теплота не может быть превращена в работу. Однако мыслимо, что смешение обоих газов совершается косвенным путем, и что при этом часть содержащейся в них теплоты превращается в видимое движение или в работу. Действительно, лорд Рэлей первый указал, что это действительно может быть реализовано.

В отдельном газе не все молекулы обладают точно одинаковой скоростью, но некоторые из них обладают скоростью, гораздо большей, а некоторые гораздо меньшей, чем средняя, и Максвелл первый указал, что различные скорости распределены точно так же, как ошибки наблюдения, постоянно вкрадывающиеся, когда мы одну и ту же величину определяем посредством измерения при одних и тех же обстоятельствах. Мы не можем, конечно, в согласовании этих обоих законов усмотреть простую случайность, так как они оба определены на основании одних и тех же правил теории вероятностей. Если бы можно было привести газ к такому состоянию, чтобы его молекулы имели одну и ту же скорость, то это было бы распределением энергии, значительно отличающимся от наивероятнейшего. И если поэтому эти формы энергии никогда не могли бы быть практически достигнуты, то мы все-таки можем уже а priori утверждать, что ее переход в обыкновенную теплоту точно так же мог бы быть причиной получения невероятной формы энергии, наравне с переходом теплоты с более горячего на более холодное тело.

Мы в состоянии не только качественно обозначить одно распределение энергии, как совершенно невероятное, другое — как вероятное, но теория вероятностей позволяет во всех подлежащих ее ведению случаях дать точную количественную меру вероятности какого-либо распределения энергии; само собою разумеется, при этом предполагается, что известны механические условия системы. Относительно логического обоснования этих вычислений смотри Крис «Принципы теории вероятностей».

Поэтому каждому распределению энергии соответствует количественно определяемая вероятность. Так как она в практически важнейших случаях совпадает с величиной, названной Клаузиусом энтропией, то мы считаем нужным обозначить ее тем же названием. Все изменения, при которых энтропия увеличивается, будут, как выражается Клаузиус, происходить сами собою. Напротив, энтропия будет уменьшаться только в том случае, если при этом энтропия другого тела увеличивается настолько же или больше. Если мы первоначально имели два тела с различными температурами, и температура между ними выравнивается, то можно точно количественно подсчитать вероятность прежнего состояния, когда между

обоими телами существовала разность температуры, и теперешним, являющимся более вероятным, и поэтому твердо установить, сколько перешедшей теплоты может быть превращено в работу; только когда температуры вначале были очень отличны от обыкновенных температур, как, наприм., температура сжигаемого угля или воспламененного гремучего газа, почти вся выделенная теплота может быть превращена в работу. В математике в таких случаях обыкновенно говорят: при переходе от бесконечной к конечной температуре вся полученная теплота может быть превращена в работу: в бесконечно большое число раз более высокая температура в известном смысле бесконечно невероятна. Точно так же тот случай, что движения всех атомов равны и одинаковым образом направлены, или, другими словами, что тело имеет видимое поступательное движение, соответствует бесконечно невероятному распределению энергии, т.-е. видимое движение относится к той же категории случаев, что и теплота бесконечно высокой температуры, — оно может быть целиком превращено в работу.

Машина является приспособлением для преодоления действия какого-либо груза при помощи имеющейся у нас в распоряжении силы. Всякую машину всегда рассчитывают на случай равновесия между силой и грузом, хотя этот случай совершенно бесполезен на практике; пока господствует равновесие, нельзя подвинуть груз даже на толщину волоса, так как для этого необходимо, чтобы сила была хоть немного больше сопротивления. Совершенно аналогично поступают в учении о теплоте: всегда обращают внимание только на такие видоизменения энергии, при которых вероятность распределения энергии остается всегда одной и той же; эти изменения состояния называются обратимыми, ибо раз вероятность остается все время одинаковой, они могут так же хорошо протекать в противоположной последовательности; строго говоря, они, конечно, не могут происходить ни в прямой, ни в обратной последовательности, подобно тому, как невозможно привести в движение груз силой, его уравновешивающей, так как превращения энергии могут иметь место только в том случае, если, благодаря им, состояние системы становится более вероятным. Но если мы вообразим, что эта разность вероятностей становится очень малой, мы можем сколько угодно приблизиться к обратимым изменениям состояния. В этом смысле теоретик представляет себе теплоту переходящей с одного тела на другое, совершенно одинаково теплое, или поршень движущимся, хотя давление и противодействие совершенно одинаковы; практически второе тело всегда будет немного холоднее, противодействие должно быть немного меньше. Обратимые изменения состояния были придуманы для самых разнообразных систем, совершающих самые разнообразные процессы. И эти процессы всегда приводили к замечательным соотношениям, открывали зависимость между отдельными свойствами систем, которую заранее нельзя было и подозревать. И поскольку эти соотношения экспериментально исследовались, они постоянно оправдывались.

Так нашли связь между удельными теплоемкостями и коэффициентами сжатия и теплового расширения, отношения между изменениями объема при затвердевании и изменением точки плавления под давлением, между пересыщением паров при расширении их и другими свойствами; между растворимостью солей, их удельными весами и упругостью пара их растворов; между магнитными и термическими свойствами тел, между теплотой реакций соединения и электродвижущей силой и их зависимостью от температуры.

Мы призывали солнце, как источник энергии не только в животной и растительной жизни и метеорологических процессах, но и во всех вообще земных рабочих процессах, за исключением морских мельниц Агростоли.¹⁾

Гельмгольц указал, что теплотворная способность каменного угля есть только запасенная теплота солнца, но я не знаю, было ли кем-либо с достаточной ясностью указано на то, почему именно этот источник энергии приносит нам столь великую пользу; ведь в телах земной поверхности, находящихся у нас под руками, имеется запас энергии, о размерах которого мы не имеем никакого понятия. Теплоты, производимой Инагарским водопадом, было бы достаточно, чтобы привести в движение значительную часть всех наших машин, следовательно, какой бы мы имели неисчерпаемый запас энергии, если бы мы были в состоянии всю находящуюся в окружающих нас телах теплоту превращать в работу. Но как раз это и не удастся, потому что находящаяся в них энергия распределена в значительной степени вероятным образом, поскольку не образуются благодаря действию солнца неравенства температуры, и потому всякая попытка распределить ее другим образом, более соответствующим нашим целям, терпит неудачу. Напротив, между солнцем и землей имеется огромная разница температуры, следовательно, между этими обоими телами энергия отнюдь не распределена согласно с законом вероятности. Выравнивание температуры между обоими телами, обусловленное стремлением к большей вероятности, длится вследствие их громадных размеров и расстояний друг от друга миллионы лет. Промежуточные формы, которые принимает солнечная энергия, пока она не деградирует до температуры земли, могут быть довольно невероятными формами энергии, и мы легко можем использовать переход теплоты от солнца к земле для совершения работы, как переход воды от парового котла к холодильнику. Поэтому всеобщая борьба за существование живых существ не является борьбой за составные элементы,—составные элементы всех организмов имеются налицо в избытке в воздухе, воде и земле, и не за энергию, ибо таковая содержится в изобилии во всяком теле, к сожалению, в форме непревращаемой теплоты. Но это—борьба за энтропию, которую можно использовать при переходе энергии с горячего солнца к холодной земле. Для того, чтобы

¹⁾ Основанных на использовании приливов и отливов, обусловленных притяжением луны. *Прим. ред.*

возможно более использовать этот переход, растения распускают неизмеримую поверхность своих листьев и заставляют солнечную энергию, прежде чем она опустится до уровня температуры земной поверхности, выполнить химический синтез, пока еще неисследованным способом, о котором мы в наших лабораториях еще не имеем никакого понятия. Продукты этой химической кухни являются предметом борьбы в мире животных. ¹⁾

Я, к сожалению, должен отказаться от уяснения специальных случаев и тех способов, благодаря которым распределение энергии в системе тел всегда принимает более вероятные формы, и примерами наглядно показать те обходные пути, какими удастся проникнуть в область невероятных распределений энергии, конечно, исходя из еще более невероятных, но имеющих в природе, и их искусственно направлять по желанному пути: я слишком запутался бы в частностях, могущих интересовать только специалиста. Я хочу коснуться только единственной области более общего значения. Может быть, вы заметили, что я очень часто говорил не вообще о телах, но только о газах. Причина этого та, что в газах молекулы находятся на столь больших расстояниях, что между ними не оказывается никаких достойных упоминания сил; и так как мы можем пренебречь также и внешними силами, действующими на газы, то их молекулы действительно находятся в положении вышеописанных черных и белых шаров. Их смещение по законам вероятности не будет затемняться посторонними влияниями. Каждая точка внутри сосуда и каждое направление движения будет для них одинаково вероятным. Иначе обстоит дело с различными значениями величины скорости.

Допустим, что общая энергия газа нам дана заранее. Чем больше скорость одной молекулы, тем ограниченнее выбор скоростей прочих молекул; поэтому большие скорости отдельной молекулы будут всегда невероятны вплоть до крайне невероятного случая, когда одна единственная молекула содержит всю живую силу, имеющуюся в газе, в то время как живая сила прочих молекул была бы равна нулю. Каждая молекула газа летит со скоростью пушечного ядра и наталкивается в течение одной секунды много миллионов раз на другие. Кто мог бы себе представить хотя бы приблизительную картину запутанных траекторий частиц этого тела? И, однако, средние результаты, благодаря анализу сочетаний, можно найти с той же простотой, как и результаты игры в лото. В капельных жидкостях и твердых телах присоединяется еще действие молекулярных сил. Действительно, для разъединения жидкой массы воды на отдельные молекулы пара требуется значительная затрата энергии. Допускают, что между молекулами воды действуют силы притяжения, которые, понятно, повышают вероятность сосущество-

¹⁾ См. *Б. А. Тимирязев*, „Растения и солнечная энергия“ и „Солнце, жизнь и хлорофилл“. Госиздат, 1918 и 1923. Последнее сочинение еще находится в печати.

вования молекул воды. Можно было бы, как выше было указано, эти силы отнести к промежуточной среде. Разъединение двух молекул воды должно было бы увеличить энергию этой среды. Соответствующий механизм, конечно, совершенно неизвестен; но ведь и энергия обыкновенных капельных жидкостей изменяется при относительном перемещении в них вихрей или твердых колец. Но энергия, возникающая в промежуточной среде, была бы потеряна для тепловых движений. Разъединение двух молекул воды оказалось бы в таком случае более невероятным не вследствие силы притяжения, а по той же причине, по какой, как было указано выше, мало вероятны особенно большие скорости одной молекулы газа. В самом деле, в случае такого разъединения тепловая энергия массы воды убавилась бы, а, следовательно, и число всех возможных распределений энергии между остальными молекулами сделалось бы меньше. Я могу здесь лишь в немногих чертах наметить окончательные результаты.

Пусть жидкость находится в замкнутом со всех сторон, большом сосуде, объем которого она не наполняет целиком. Если в этой жидкости находится мало энергии, то может случиться, что ее не хватит даже, чтобы отделить от всей массы одну единственную молекулу; тогда все они должны оставаться сцепленными друг с другом; этот случай, быть может, в действительности и никогда не осуществится, но достаточно, если отделение сравнительно малого количества молекул может потребовать всей энергии, имеющейся в распоряжении; благодаря этому над жидкостью будет находиться только исчезающе-малое количество пара. При повышении температуры пар будет все более и более уплотняться, жидкость же будет все больше и больше разрежаться. Но рассмотрим теперь другой крайний случай. Пусть общая энергия очень велика, тогда по сравнению с ней малые количества энергии, которые при соединении или разъединении двух молекул получаются из среды или переходят в нее, ничтожно малы по сравнению со всей энергией (работа молекулярных сил будет исчезать), и вся масса должна при любой малой или любой большой плотности вести себя, как газ. Границей двух этих состояний является так называемая критическая температура; немного ниже ее имеются на-лицо капельная жидкость и пар, но оба различаются только немногим; работа молекулярных сил уже не имеет большого значения; выше критической температуры все равномерно; это состояние нельзя назвать ни капельножидким, ни газообразным, так как обе эти формы сливаются друг с другом. Когда смешиваются две жидкости, то возникает теплота, если перевешивает их взаимное притяжение, и развивается холод в противоположном случае. Было бы неправильно полагать, что в первом случае жидкости сами собою смешиваются, а во втором случае нет, так как равномерное смешение гораздо вероятнее, чем полное разделение, как в часто упоминавшихся смесях черных и белых шаров. Поэтому в газах всегда наступает смешение, хотя оно не сопровождается каким-либо за-

метным появлением тепла. Если при смешении капельных жидкостей возникает тепло, то они тем в большей степени сами собою смешиваются друг с другом; если же возникает холод, то все-таки преобладающая вероятность смешанного состояния может дать перевес и решить дело. Только при значительном перевесе сил сцепления может быть преодолена тенденция к взаимному смещению.

Совершенно аналогично выступает действие так называемых сил химического сродства. Когда два одинаковых или неодинаковых атома соединяются друг с другом известным образом, то освобождаются большие количества энергии; это—факт неоспоримый. Уже так называемая валентность атома указывает, что здесь решающим моментом является не только приближение на определенное малое расстояние к центру, как мы, пожалуй, могли раньше думать относительно молекулы воды, но что это выделение энергии наступает только при вполне определенном относительном положении. Остановимся сначала на одновалентных атомах, где энергия образуется при соединении только двух атомов и где присоединение третьего атома не освобождает уже сколько-нибудь значительного количества энергии; рассмотрим газообразный хлор. При низкой температуре разделение какой-либо соединившейся пары атомов, принимая во внимание большое сопровождающее его поглощение энергии, чрезвычайно невероятно, подобно тому, как в предыдущем случае отделение молекулы пара от капельножидкой массы; при повышении температуры будут всегда распадаться (диссоциировать) все больше и больше атомных пар, пока, наконец, они все не распадутся. Качественно эта гипотеза давно уже приобрела права гражданства у химиков, но исчисление вероятностей позволяет дать и количественное ее выражение. Вся заключающаяся в газе энергия доступна определению; следовательно, мы можем для отношения числа недиссоциированных к числу диссоциированных молекул получить формулу, содержащую только две неизвестных константы, которые надлежит определить из опыта. Одна из них, это—энергия, освобождаемая при соединении двух простых атомов хлора в молекулу, другая определяет пространство, внутри которого один атом должен находиться относительно другого, для того, чтобы он предстал нам, как химически соединенный со вторым ¹⁾. Я обозначаю это пространство как область соединения.

Отсюда следует, что зависимость степени диссоциации от давления нужно представить себе следующим образом. Если дано число N_1 диссоциированных атомов, то всякий раз, как новый атом попадает в область соединения какого-либо атома, получается новая молекула, всякий же раз, когда он находится в остальном пространстве, он является свободным. Следовательно, если это сво-

¹⁾ Теория диссоциации, разработанная Больцманом, исходит из предположения, что химическое соединение происходит тогда, когда один из атомов попадает в определенную область пространства, примыкающую к той или другой части поверхности второго атома.

бодное пространство увеличится вдвое, причем число N_1 останется неизменным, то это при исчезающе-малой величине областей соединения сводится к удвоению объема газа, и вероятность, что два атома связаны, будет в два раза меньше. Чем больше будет сделан объем, в котором содержится данная масса газа, тем более возрастет при постоянной температуре степень диссоциации, а именно, при данном числе N_1 диссоциированных атомов, число N_2 молекул обратно пропорционально объему. Подобным же образом вычисляется зависимость степени диссоциации от температуры. Исходя из наблюдений Виктора Мейера, я попытался для пара иода вычислить энергию, освобождающуюся при соединении двух атомов иода в молекулу, и область соединения. Первая оказывается равною $\frac{3}{4}$ теплоты сгорания водорода; что же касается последней величины, то, конечно, она не может претендовать на значительную точность, но, во всяком случае, она очень мала по сравнению с шаром, имеющим своим диаметром среднее расстояние между двумя соединенными атомами иода; я не измерял величины атома иода, дабы на меня не пало подозрение, будто я желаю приписать атомам какое-либо сходство с твердыми шарами или с другими крошечными твердыми телами. Для многовалентных атомов перед анализом сочетаний стоит гораздо более трудная, но все-таки разрешимая задача.

Вопросу, когда две капельные жидкости смешиваются сами собою, аналогичен в химии принцип Бертелло ¹⁾. То химическое соединение, которое выделяет максимальное количество тепла, обладает наибольшей вероятностью и будет предпочтительно образовываться из подобных соединений, а если избыток теплоты значителен, то образуется одно только это соединение. Последнее положение и есть принцип Бертелло. Но если избыток мал, то при этом всегда могут образоваться также и другие соединения в меньшем количестве; это и есть исключения из принципа. Вообразим одновалентные атомы двойного рода A и B , находящиеся в одинаковом количестве, и пусть теплота соединения (A_2), т.-е. теплота образования молекулы A_2 из двух атомов A , будет точно равна теплотам соединения (B_2) и AB), последняя есть теплота соединения молекулы AB из одного атома A и из одного атома B . Пусть все три теплоты соединения будут настолько велики, что только довольно мало молекул будет диссоциировано на отдельные атомы, и пусть все будет в газообразном состоянии. Тогда по теории вероятностей половина молекул образует состав AB , по четверти молекул имеют состав A_2 и B_2 или парциальное давление газа AB вдвое больше, чем газа A_2 или газа B_2 . Это совершенно подобно тому, как вероятность вынуть два черных шара равна одной четверти, вынуть два белых шара—также одной четверти, вынуть один черный и один белый—равна половине, если из одинакового количества

¹⁾ По поводу принципа Бертелло смотри прекрасную статью *К. А. Тимирязева*, „Лавуазье XIX века—Марселен Бертелло. 1827—1906“. Сборник „Наука и Демократия“.

черных и белых шаров мы должны извлечь два шара. Если теплота образования (AB) меньше чем $\frac{(B_2) + (A_2)}{2}$, т.-е., если пре-

вращение A_2 и B_2 в два AB связано с отрицательным выделением тепла, то, во всяком случае, соединения AB образуется меньше, если мы смешаем оба тела A_2 и B_2 : однако, измеримое количество соединения AB может и здесь вполне образоваться, несмотря на отрицательный тепловой баланс; только в том случае, если последний переходит известную меру, количество получаемого соединения становится незаметным, но никогда при отрицательном тепловом балансе вся масса не превратится в соединение AB . Я не буду приводить сейчас исследования соединений больше чем с 2-мя атомами, и не буду пытаться сейчас применить наши теоретические рассуждения к действительным случаям, напр., проводить сравнение теории с исследованиями *Rathkes'a* (*Naturforschende Gesellschaft zu Halle*, Bd 15, 1881).

Можно было бы спросить, как происходит, что не всегда образуются всевозможные комбинации атомов соответствующих соединений. Ведь каждая имеет бóльшую или меньшую вероятность. Также и относительно этого анализ дает объяснение, так как образующиеся количества выражаются показательными функциями, колоссальное возрастание и убывание которых достаточно часто иллюстрировалось, например, той денежной суммой, в какую превратился бы к настоящему времени крейцер, отданный в рост в год Рождества Христова по сложным процентам, или сказкой относительно изобретателя шахматной игры. Из вышеназванной формулы получается, что пары иода при 30°C , несомненно, должны содержать диссоциированные атомы, но в 1000 килограммах паров иода вес диссоциированных атомов будет равняться одной стомиллионной части одного миллиграмма. То обстоятельство, что иод при данной температуре очень мало летуч, здесь несущественно. Еще более благоприятное число получится, без сомнения, для хлора и брома. На том же основании из гремучего газа обыкновенной температуры в какой угодно срок не образуется сколько-нибудь значительного количества воды, хотя последнее соединение гораздо вероятнее, так как до образования молекулы воды должна продиссоциировать по крайней мере одна кислородная или водородная молекула; но это для кислорода и водорода, конечно, наступает еще невероятно реже, чем для иода, во сколько раз реже, мы еще не можем представить, так как для первого газа у нас нет никаких данных.

Лучистая теплота внутри совершенно черной оболочки постоянной температуры подчиняется законам теории вероятностей; напротив, световые колебания при температурных условиях поверхности земли являются движениями большей правильности, поэтому промежуточная форма энергии при переходе ее от очень горячего на холодное тело довольно невероятна; отсюда ее значительное диссоциирующее действие без значительного нагревания.

Я рассмотрел сначала случай явной физической смеси, затем случай очевидного химического соединения; несмотря на все различие характеристических признаков обоих крайних случаев, все-таки между ними мыслим непрерывный мост, составленный из промежуточных ступеней, сколь угодно близких друг другу.

Гельмгольц совершенно иным путем нашел, что вода никогда не может быть освобождена от последних следов диссоциированных атомов водорода и кислорода; лишь в том случае, если бы сначала все атомы были связаны в H_2O , то на каждые два атома водорода (2H) всегда приходилось бы по одному атому кислорода (O); но так как такого случая никогда не наблюдалось, то невозможен также и последний вывод, и отношение чисел диссоциированных атомов может быть совершенно другое; именно поэтому ни в каком химическом соединении атомы не будут содержаться в числовом соотношении, абсолютно точно соответствующем формуле. Хотя отклонения могут быть еще в миллион раз меньше, чем выше вычисленное количество диссоциированных атомов иода. Но можно представить себе переходные случаи, в которых та или иная составная часть может быть в значительном избытке. Такие соединения не будут проявлять свойств, совершенно отличных от свойств их составных частей, а только особые, возникающие при смешении, свойства достигают своего максимума при определенной пропорции смешения; появятся, преимущественно, но не исключительно, определенные группы атомов, подобно тому, как, строго говоря, этого не бывает ни в каком химическом соединении. Чем сильнее сказывается вышеупомянутой максимум, тем сильнее выступает характер химического соединения. Чем он будет более отлогим, тем больше наш случай будет приближаться к физической смеси. Гидраты многих кислот, например, серной кислоты, соли с кристаллизационной водой, химические соединения, похожие на сплавы многих металлов, служат примером вышесказанному. Если такие тела дестиллировать под определенным давлением или если дать им возможность кристаллизоваться под определенным давлением, мы часто получаем продукты с определенным составом, который, однако, изменяется, если изменяется это давление или, вообще, внешние условия. Итак, природа и здесь не делает скачков. ¹⁾

Как ни бросается в глаза различие между животными и растениями, все же простейшие формы переходят непрерывно одна в другую, так что определенные формы стоят как раз на границе, одинаково хорошо представляя в своем лице как животных, так и

¹⁾ Фраза, подававшая и подающая повод к большим спорам. Дело в том, что скачок из числа тех, которые мы наблюдаем в природе, представляет собой в некоторых по крайней мере случаях чрезвычайно быстрое, но непрерывное изменение. Так, налетающий порыв урагана нам кажется внезапным, но на самом деле сила ветра непрерывно возрастает, но только в течение очень малого промежутка времени. Таким образом в этих случаях скачки, это—только очень быстрые изменения.

растения. Отдельные виды в естественной истории, по большей части, разграничены самым резким образом однако здесь и там встречаются все же постепенные переходы. Конечно, из-за этого никто не захочет вычеркнуть понятие животного или растения или понятие вида, но, вследствие невозможности абсолютно строгого определения понятия вида, часто нельзя дать никакого ответа на вопрос, образует ли известная форма новый вид или вет. Точно также едва ли есть надобность в устранении понятия „химическое соединение“ или в существенном изменении его применения; и все-таки, в отдельных случаях, вопрос в том, имеется ли на-лицо химическое соединение или смесь, вследствие невозможности точного определения понятия, является излишним. Если бы эти принципы в самом деле оказались общеправильными, то они исключили бы заранее некоторые допущения, сделанные химиками, напр. Рюдорфом (см. Лотар Мейер, „Новые теории химии“, стр. 236; имеется в русском переводе), что поваренная соль при температуре выше—9° свободна от воды, а ниже этой температуры содержит две химически связанные молекулы воды. Такое внезапное изменение состава при некоторой определенной температуре было бы невозможным при простом разъединении одной молекулы на две меньшие по размерам. Во всяком случае должен был бы быть конечный интервал температуры соответствующий постепенной диссоциации. Точно также невероятно, чтобы молекула серы внезапно могла, как думал Бино, перейти из шестиатомной в двухатомную.

Так как данная система тел никогда не может самостоятельно перейти в абсолютно столь же вероятное состояние, но всегда только в более вероятное, то также невозможно сконструировать систему тел, которая, пройдя различные состояния, возвращалась бы периодически в первоначальное состояние: *perpetuum mobile*.

С этим утверждением мы пришли туда, откуда обыкновенно исходят при рассмотрении второго закона (термодинамики). Выставляют, как аксиому, положение, что из конечного числа тел невозможно сконструировать *perpetuum mobile*. Эту аксиому выражают уравнениями, называемыми основными уравнениями второго закона (термодинамики), и начинают удивляться тому, что в предположении, что вселенная является громадной системой конечного числа тел, из этих уравнений следует, что и вся вселенная не может быть *perpetuum mobile*¹⁾, хотя это утверждение уже заключалось в предпосылке. Как бы ни были заманчивы подобные взгляды на вселенную, как бы ни казались они пробуждающими нашу пытливость, а часто и бесспорными, все-же, я думаю, что в этом случае мы расширяем положения, почерпнутые нами из опыта, далеко за пределы их естественных границ.

¹⁾ Здесь подразумевается *perpetuum mobile* 2-го рода, т.е. получение работы от периодически действующей машины, вычерпывающей тепло из какого-либо источника и нацело переводящей его в работу.

Так как атомы во всех областях физики и химии сослужили нам такую верную службу, то возникает вопрос, мыслима ли надежда явлениями в атомах объяснить также явления животной жизни, а именно: мышление и ощущение? Я сомневаюсь, чтобы в настоящее время нашелся кто-нибудь, кому непосредственное сознание с несомненностью говорило бы, как когда-то Гербарту, что наше „Я“ есть некоторая простая сущность. Но ощущения, элементы всего нашего мышления, действительно ведь представляют же собою нечто простое? Я думаю, что также и относительно этого наше сознание ничего не может сказать; оно совершенно не может определить понятия ощущения, оно может только сказать, что ощущение красного есть нечто другое, чем ощущение синего, но оно не может указать, являются ли оба ощущения простыми элементами или сложными размещениями бесчисленных атомов, пожалуй, сравнимых с движениями волн. Мы можем ощутить красное, но, что такое ощущение, мы ощутить не можем.

Может быть, если мы представим себе, что то, что нам уже было дано прежде, чем мы начали думать, есть нечто составное, а умозаключение, добытое большими умственными усилиями,—как нечто простое, то такое представление будет противоречить нашему чувству; но я не предоставлял бы слова нашему чувству в научных вопросах: точно так же современники Коперника были непосредственно убеждены, они чувствовали, что земля не вращается. Самым прямым путем было бы, конечно, исходить непосредственно из наших ощущений и показать, как мы с их помощью достигли познания мира, но так как это, к сожалению, не приводит к цели, то мы должны пойти в обратном направлении по пути естествознания. Мы создаем гипотезу, будто образовались комплексы атомов, которые были в состоянии размножаться, образуя вокруг себя комплексы подобного же рода; из образовавшихся таким образом более крупных масс наиболее жизнеспособными оказались те, которые смогли размножаться делением, а затем те, которым была присуща склонность двигаться в места наиболее благоприятных жизненных условий. Этому процессу способствовали восприимчивость к внешним раздражениям, к химическому состоянию и движениям окружающей среды, к свету и тени и т. д. Такая восприимчивость привела к развитию чувствительных нервов, подвижность—к развитию двигательных нервов. Ощущения, с которыми, благодаря передаче по наследству, связаны длящиеся сигналы центральной нервной системы, настойчиво побуждающие их избегать, мы называем болью. В индивидууме остались совершенно грубые знаки для внешних предметов, они развились в сложные знаки для более сложных отношений, а по мере надобности также и в совершенно грубые настоящие внутренние подражания внешнему миру, подобно тому, как алгебраист может обозначать величины любыми буквами, но предпочтение будет давать начальным буквам соответствующих слов. Если только у индивидуума имеется налицо развившийся подобным образом памятный знак, то такое состояние мы определяем как сознание.

При этом существует непрерывный мост тесно связанных с сознанием, ясно сознанных представлений, вплоть до представлений, сбереженных в памяти, и до бессознательных рефлекторных движений. Разве не повторяет наше чувство, что сознание есть нечто другое; но я не давал слова нашим чувствам. Если гипотеза объясняет все относящиеся к ней явления, наше чувство должно к ней приноровиться, как это случилось в вопросе о вращении земли. Вопрос, который мы будем иметь право перед собой поставить много спустя, но который можно разрешить только этим путем, заключается в том, каким образом от ощущений, являющихся простейшим элементом нашего мышления, мы могли достигнуть способности создавать гипотезы. Но здесь я должен окончить, если не желаю изменить своему намерению оставить в стороне метафизику. Из того, что я говорил, может быть, многое не соответствует истине, но все согласно с моим убеждением. Только благодаря тому, что каждый продолжает дальше работать именно там и так, где и как он может, мы можем приблизиться к истине или, говоря словами поэта: „Работа, никогда не ослабевающая, медленно создается, но никогда не разрушается, хотя она и возводит постройки для вечности песчинку за песчинкой, вычеркивая при этом минуты, дни и годы“. И я буду также чувствовать удовлетворение, если моя сегодняшняя лекция способствовала хотя бы одной песчинкой расширению нашего познания природы.

Л. БОЛЬТЦМАН.

О статистической механике ¹⁾.

(Перев. Ю. Е. Бараца).

Многоуважаемое собрание, мой настоящий доклад помещен под рубрикой „прикладная математика“, тогда как моя деятельность как преподавателя и ученого посвящена науке чистой физике. Громадный пробел, разделяющий названную науку на две отдельные части, вряд ли где яснее подчеркнут, чем при распределении порядка докладов на этом конгрессе, которому предстоит рассмотреть такое количество материала, что материал этот можно сравнить с наводнением из докладов или, придерживаясь местного тона, с Ниагарой из научных докладов.

Я говорю о разделении физики на теоретическую и опытную. В то время, как я, в качестве представителя теоретической физики, помещен под рубрикой А—нормативных наук, экспериментальная физика находится значительно далее под рубрикой С—физических наук. В промежутке между ними помещены история, языковедение, литература, искусство и теология.

Поэтому нам неизбежно придется более подробно рассмотреть справедливость деления наук вообще и физики в частности на две части—на теоретическую и экспериментальную.

Выслушаем сперва мнение исследователя, жившего в то время, когда наука о природе еще находилась в начальной фазе своего азвития, Эммануила Канта.

Он требует от каждой науки, чтобы она развивалась строго логически из единых положений и из связанных теорий. Естественная наука является для него наукой постольку, поскольку она опирается на математические основы. Так, он не считал современную химию за науку, потому что она опиралась только на чисто опытные данные и не имела единого регулирующего начала.

¹⁾ Доклад, читанный на научном конгрессе в С-Луи в 1904 г.—Несмотря на казалось бы узко-специальное заглавие, доклад содержит массу обще-философских выводов из современной науки, при чем точка зрения автора очень близко подходит к той же зрения последовательного материализма

С этой точки зрения теоретическая физика имеет предпочтение перед экспериментальной и занимает в известной мере более высокое место. Экспериментальная должна собирать кирпичи, а уж строить из них здания—дело теоретической физики.

Однако, они должны поменяться местами, если мы обратим внимание на успехи, достигнутые в последние десять лет или будем считаться с успехами, которых мы в праве ожидать в ближайшее время.

Ряд экспериментальных исследований прошлого столетия получает блестящее завершение с открытием рентгеновских лучей, к ним примыкает целая полоса новых лучей, открытых в XX веке, с самыми загадочными свойствами, изменяющими коренным образом наш взгляд на природу.

Исследование этих совершенно новых фактов обещает тем больший успех, чем загадочнее сначала все нам кажется и чем больше противоречий обычным воззрениям мы здесь встречаем.

Обсуждение этих экспериментальных успехов, однако, не мое дело; благодарную задачу рассмотрения этих успехов, достигаемых, можно сказать, ежедневно, и должен предоставить представителям экспериментальной физики на этом конгрессе.

Представителя теоретической физики никоим образом нельзя считать в таком счастливом положении; в этой области все в настоящее время находится в движении,—можно сказать, что здесь все в революции. Однако как мало ощутительны здесь результаты сравнительно с экспериментальной физикой. Тут ясно можно видеть, какое преимущество эксперимент имеет перед теорией. Непосредственный опыт всегда очевиден, и из него в кратчайшее время можно извлечь пользу, как, напр., различные приложения рентгеновских лучей или применение герцевских волн в беспроводной телеграфии.

Борьба же теорий тянется бесконечно, и кажется, что известные спорные вопросы, столь же старые, как самая наука, будут жить так же долго, как она.

Все точно установленные опытные данные остаются вечно неизменными; они могут быть в крайнем случае расширены или дополнены; к ним могут присоединиться новые данные, но они не могут быть целиком опровергнуты. Из этого явствует, что экспериментальная физика развивается постепенно. она не делает внезапных скачков, в ней не бывает внезапных переворотов или потрясений. Поэтому лишь в редких случаях данные, принимавшиеся сначала за факт, оказываются ошибочными, но и в этих случаях ошибки открываются весьма скоро и не оказывают большого влияния на научное здание в целом.

Правда, весьма основательно подчеркивают, что каждая строго логически выведенная истина неопровержимо должна оставаться в силе. И хотя в этом едва ли можно сомневаться, однако опыт нас учит, что наши теории никоим образом не построены из таких логически неопровержимых истин; они, напротив, состоят из произ-

вольных картин, рисующих связь явлений; именно—из так называемых гипотез.

Не существует теорий, которые ограничивались бы исключительно непосредственно воспринимаемым; не существует даже описаний, более или менее широких и связных, пригодных к предсказанию явлений природы. Это относится как к старым теориям, многие из которых в настоящее время являются спорными, так и к самым новейшим, жестоко ошибающимся, если они мнят себя свободными от всяких гипотез.

Правда, можно устанавливать гипотезы весьма неопределенные, или выражать их в математических формулах, или высказывать эти гипотезы словами, эквивалентными формулами. Тогда соответствие гипотезы данным опыта может быть проверено шаг за шагом.¹

Однако полная ошибочность всей постройки не будет совершенно исключена и после этого, и возможно, что закон сохранения энергии окажется ошибочным; однако подобная ошибка может встретиться крайне редко и будет в высокой степени невероятна. Подобная мало определенная и весьма общая теория может, тем не менее, быть весьма ценной руководящей нитью при экспериментах, служащих для детального исследования уже известных областей и движущихся уже по проторенным дорогам. Однако вне их пределов она уже не приложима.

Напротив, в противоположность названным теориям другие гипотезы, дающие место фантазии и более смело выходящие за рамки имеющегося материала, будут всегда побуждать к новым исследованиям и приводить к совершенно непредвиденным открытиям.

Правда, такие гипотезы будут подвержены частым изменениям, может случиться, что сложные теоретические построения будут рушиться, будут создаваться взамен их новые, дающие лучшие результаты, причем, правда, обыкновенно старая гипотеза еще будет находить себе место в рамках новой, в качестве картины ограниченной области явлений, как, например, теория истечения при описании явлений катоптрики и диоптрики, гипотеза упругого светового эфира—в явлениях интерференции и диффракции света, учение об электрических жидкостях—в описании явлений электростатики.

От глубоких изменений не избавлены и те теории, которые гордо называют себя свободными от гипотез; так, без сомнения, известная под названием энергетики теория должна будет переменить свой вид, если она желает продолжать свое существование.

Иногда физическим гипотезам делался тот упрек, что они оказывались вредными для дальнейшего развития науки. Этот упрек базируется главным образом на роли, какую играла гипотеза электрических жидкостей при развитии учения об электричестве. Эта гипотеза была доведена до высокого совершенства *Вальгельмом Вебером*; и общее признание, которым она пользовалась в Германии, действительно мешало развитию изучения теории *Максвелля*. Равным образом, и теория истечения *Ньютона* препятствовала распространению волнообразной теории света. Подобных промахов вряд

ли можно будет избежать в дальнейшем, всегда люди будут стремиться усовершенствовать и представить в законченном виде существующие в данное время воззрения. И это тем более, если подобная законченная теория нигде не встречает противоречия при опытных проверках, безразлично, из чего бы она ни исходила: из механической ли картины, из геометрических ли представлений, или из системы математических формул.

Всегда может появиться новая, еще не проверенная на опыте теория, охватывающая значительно большую область, но не подтвержденная еще опытными данными. Тогда старая теория будет иметь большее число последователей, пока не представится возможность экспериментально исследовать данную область, и решающий опыт не докажет преимущество новой теории. Поэтому теория Вебера всегда будет служить полезным предостережением и напоминать о необходимости сохранения свободы мысли.

Заслуги Вебера этим, однако, отнюдь не умаляются, и сам Максвелл отзывается о них с величайшим удивлением.

Но и этот случай ничего не говорит против пользы гипотез, так как и теория Максвелла вначале содержала не менее гипотетического, чем всякая другая, и только после всеобщего признания Герц, Пойнтинг и др. начали ее освобождать от гипотетического элемента.

Противниками гипотез в физике ¹⁾ было сделано возражение, что создание и развитие математических методов для вычисления гипотетических молекулярных движений было бесполезно или даже вредно. Этот упрек я не могу признать справедливым. Если бы дело обстояло так, то выбранная мною для сегодняшнего доклада тема должна бы считаться неудачной, и это обстоятельство да послужит мне извинением в том, что я здесь снова коснулся столь часто обсуждавшегося вопроса о применении гипотез в физике и пытаюсь их защитить.

Собственно темой сегодняшнего доклада я избрал не развитие физических теорий вообще; я уже несколько лет тому назад излагал этот предмет перед собранием немецких естествоиспытателей в Мюнхене и, несмотря на то, что с тех пор накопился новый материал, я вынужден был бы часто повторяться. К тому же человек, принадлежащий к определенной партии, не может судить беспристрастно о других партиях. Я не хочу здесь критиковать их ценность, мой доклад не должен быть критическим, а лишь осведомительным. Я убежден в ценности воззрений моих противников и защищаюсь лишь в том случае, когда они отрицают пользу моих. Однако совершенно точную картину, совершенно ясное представление о ходе и связи мыслей других вряд ли можно дать так же хорошо, как о своих собственных.

Поэтому я избрал темой моего доклада не только кинетическую теорию молекул, но еще, сверх того, значительно более узкую

¹⁾ Подразумевается Оствальд и Мах.

область. Я и не думаю отрицать, что эта область содержит много гипотетического: напротив, картина, ею рисуемая, смело выходит за рамки опыта, и тем не менее она заслуживает обсуждения с этой кафедры: так далеко идет мое доверие к гипотезам, когда они представляют в новом свете известные особенности наблюдаемых явлений и дают столь наглядную картину взаимоотношений между ними; какая недостижима другими средствами. Правда, мы не должны забывать, что это—гипотезы, способные к развитию и нуждающиеся в нем. Но отказаться от них мы должны будем тогда, и только тогда, когда все устанавливаемые объяснения будут заменены другими, более ясными и понятными.

К вопросам, упомянутым мною выше, столь старым, как сама наука, но не решенными еще и поныне, относится и вопрос о том, является ли материя непрерывной или состоит из дискретных частей (из большого числа, но не из бесконечно большого в математическом смысле числа индивидуумов). Это—трудный вопрос, лежащий на границе физики и философии.

Еще сравнительно недавно естествоиспытатели избегали заниматься обсуждением подобных вопросов. Но как раз этот вопрос является для естествознания слишком важным, и его нельзя обойти молчанием. Но его нельзя обсуждать без того, чтобы не затронуть другие, как-то: о сущности закона причинности, материи, силы и т. д. Но об них-то в то время говорили, что они не касаются естествоиспытателей и что их нужно предоставить целиком философии. В настоящее время положение вещей изменилось, и натуралисты с особой любовью занимаются обсуждением философских вопросов,—и они совершенно правы. Первое правило при исследованиях природы—это никогда слепо не доверяться инструментам, с которыми работаешь; их следует тщательно проверять со всех сторон. Каким же образом мы можем верить приращенным или исторически развившимся в нас понятиям и мнениям, тем более, что имеется много примеров, когда они вводили нас в заблуждение? Где же лежит граница между естествознанием и философией, на которой мы должны остановиться при рассмотрении элементарнейших начал? Я надеюсь, что ни один из присутствующих философов не будет в претензии и не сочтет это за упрек, если я чистосердечно скажу, что предоставление этих вопросов философии было бесполезно. Философия сделала удивительно мало для их разъяснения. Исходя из своей односторонней точки зрения, она сделала так же мало, как и естествознание, и благоприятных результатов можно ожидать только при взаимной поддержке обеих наук. Поэтому, да простится мне, если я, не будучи специалистом в них, затрагиваю эти вопросы: они самым тесным образом связаны с темой моего доклада. Вспомним мнение, высказанное одним из известнейших мыслителей, которого я цитировал,—Эммануилом Кантом,—высказанное по поводу рассматриваемого вопроса, а именно: непрерывна ли материя или имеет атомистическое строение. Эта проблема рассматривается им в его антиномиях. Из всех

рассматриваемых там данных он выводит, что и про и контра может быть доказано и притом строго логически. Можно строго доказать, что делимость материи не имеет границ, и тем не менее бесконечная делимость противоречит законам логики. Кант разъясняет также, что начальный и конечный момент времени или граница пространства так же немислмы, как абсолютно бесконечное время или абсолютно безграничная протяженность. Это не единственный случай, когда философская мысль наталкивается на противоречия; наоборот, мы эти противоречия встречаем на каждом шагу. Самые обыденные вещи являются для философии источником неразрешимейших загадок. Для объяснения наших восприятий она строит понятие материи, а затем находит ее совершенно непригодной для получения восприятий или для возбуждения восприятий. С бесконечным остроумием она строит понятия пространства и времени, а затем находит абсолютно невозможным, чтобы в этом пространстве помещались вещи и в этом времени происходили явления. Она встречает непреодолимые затруднения в отношении между причиной и действием, между телом и душой, в возможности сознания—одним словом во всем и всюду. Наконец, она считает совершенно необъяснимым и видит противоречие даже в том факте, что что-либо существует, что что-либо возникло или может изменяться. Назвать это логикой кажется мне столь же целесообразным, как если бы кто-либо, желая предпринять прогулку по горам, надел такое длинное платье, что запутался бы в нем, еще идя по равнине. Источником такого сорта логики является чрезмерное доверие к так называемым законам мышления. Правда, несомненно, что мы бы не могли чего-либо воспринять, если бы нам не были рождены некоторые формы связывания восприятий, т.-е. формы мышления. Если мы захотим назвать их законами мышления, то они в такой же мере априорны, в какой они имеются в нашей душе или, лучше, в нашем мозгу раньше какого-либо восприятия. Но ничто мне не кажется столь мало обоснованным, как заключение из априорности в этом смысле об абсолютной достоверности и непогрешимости их. Эти законы мышления образовались вследствие того же закона *эволюции*, как оптический аппарат глаза или акустический аппарат уха или нагнетательный аппарат сердца ¹⁾. В процессе развития человечества все нецелесообразное было отброшено, и таким путем образовались та простота и законченность, которые так легко смешать с непогрешимостью. В такой же мере возбуждает наше удивление совершенное устройство глаза, уха и сердца. Но тем не менее мы не приписываем этим органам абсолютно совершенства. Столь же мало мы должны считать абсолютно непогрешимыми и законы мышления. Именно они образовались

¹⁾ Весьма любопытно, что Гельмгольц, высоко ставивший теорию Дарвина и своими работами доказавший, как наши органы чувств приспособлялись к существующим условиям, останавливается перед законами мышления и не делает того, что в настоящем докладе указано Больцманом.

вследствие нужды в ясном понимании того, что необходимо для поддержания жизни и что практически полезно. И с этим последним результаты экспериментальных исследований имеют более общего, чем проверка самого аппарата мышления. Неудивительно поэтому, что привычные формы мышления оказываются мало пригодными в применении к абстрактным проблемам, далеко лежащим от практических потребностей, и не изменились со времен Фалеса. Поэтому для философа самое простое оказывается самым загадочным, и он на каждом шагу встречает противоречия. Но эти противоречия представляют собою не что иное, как нецелесообразные воспроизведения нашим мышлением данного нам в опыте. В самих же данных опыта не может быть противоречий. Поэтому, как только мы оказываемся как будто не в состоянии устранить противоречий, мы должны сейчас же проверить, расширить, изменить то, что мы называем законами мышления и что на самом деле есть не что иное, как унаследованные, привычные нам и на практике оказывавшиеся полезными представления, выработанные веками. И как к унаследованным изобретениям вала, телеги, плуга давно уже присоединились бесчисленные, сделанные с полным сознанием, искусственные усовершенствования, так и здесь мы должны исправить искусственно и с полным сознанием унаследованные представления. Таким образом нашей задачей является не судить данные опыта с помощью наших законов мышления, а, наоборот, приспособить наш образ мыслей, представления и понятия к данным опыта ¹⁾. И так как сложные соотношения мы выражаем словами написанными, произносимыми или молча мыслимыми, то мы должны эти слова соединять таким образом, чтобы они сообщали данному опытом подходящее выражение, и чтобы связи, устанавливаемые нами между словами, по возможности, были адекватны связям, существующим в действительном опыте. Раз мы поставим вопрос именно таким образом, то хотя его решение и может быть еще сопряжено с величайшими затруднениями, но цель уже все-таки будет намечена, и нам нельзя уже будет споткнуться о затруднения, уготованные самим себе. Многие нецелесообразности в привычках и поведении живых существ вызываются тем, что образ действия, целесообразный в большинстве случаев, становится привычкой, второй натурой и от него трудно отказаться, когда он перестает быть целесообразным. Тогда я говорю, что приспособление бьет дальше цели. Это случается особенно часто при привычках мышления и становится источником кажущихся противоречий между законами мышления и миром, а также между законами мышления друг с другом. Таким образом закономерность в явлениях природы является основным условием их понимания; поэтому привычка при всяком случае допытываться причины стала непродолимою потребностью, и мы доискиваемся причины, почему все имеет при-

¹⁾ Очень ярко выражено, что бытие определяет сознание, а не наоборот.

чину¹⁾. И на самом деле, немало усилий мысли было потрачено на решение вопроса, являются ли причина и следствие тесно связанными или случайно следуют одно за другим. Между тем смысл имеет только вопрос о том, постоянно ли связано известное специальное явление с другой группой явлений, необходимым следствием которых оно является, или при известных обстоятельствах эта связь может отсутствовать. Так же точно нечто называется полезным, ценным, если оно улучшает жизненную обстановку отдельного лица или всего человечества; но мы бьем дальше цели, если задаемся вопросом о ценности самой жизни, если она нам кажется не имеющей цены, потому что она не имеет цели, лежащей вне ее. То же с нами случается, если мы стараемся построить простейшие понятия, являющиеся основами для других понятий, еще из более простых, или когда стараемся объяснить простейшие законы. Мы не должны выводить явлений природы из наших понятий, а, наоборот, должны последние приспособить к явлениям природы. Мы не должны думать, что все можно распределить по нашим категориям и что существует такое идеальное распределение. Существует только распределение, удовлетворяющее временным потребностям и поэтому колеблющееся²⁾. И разделение физики на теоретическую и экспериментальную есть следствие разделения имеющихся в настоящее время в нашем распоряжении методов и не будет продолжаться вечно. Моя настоящая точка зрения совершенно противоположна той, которая ставит известные вопросы вне пределов человеческого познания. В то время как согласно последнему учению в этом заключается недостаток, несовершенство человеческой познавательной способности, я считаю, что существование таких вопросов, таких проблем есть обман мысли. При поверхностном разборе несколько удивляет, что, после того как обман мысли разъяснен, стремление разрешить эти вопросы не прекращается, но привычка так мыслить слишком сильна, чтобы от нее легко отделаться. Здесь дело обстоит так же, как с обычными обманами чувств, которые продолжают вводить нас в заблуждение уже после того, как мы узнали их причину. Поэтому является то чувство неуверенности, неудовлетворенности, какое испытывает всякий естествоиспытатель при философствовании. Очень медленно и постепенно мы можем победить эти обманы чувств, и я считаю главной задачей философии ясно представить нецелесообразность этих наших привычек мысли, бьющих дальше цели, и при выборе и связывании понятий и слов руководствоваться не наследственными привычками, а целесообразным выражением данного факта. Тогда постепенно исчезнут все противо-

¹⁾ Ср. этот здравый подход к делу с теми запуганными рассуждениями, которые были навеяны Гельмгольцу изучением Канта в кенигсбергский период его деятельности (см. в настоящем сборнике его статью „Об отношении науки к философии“).

Прим. ред.

²⁾ Правильный подход, вполне соответствующий материалистической точке зрения.

Прим. ред.

речия, тогда ясно станет, что в здании, созданном мыслью, служил кирпичем, а что связующим материалом, и постепенно исчезнет неприятное чувство, вызываемое тем, что самое простое является наиболее необъяснимым, самое обыденное — наиболее загадочным. Необоснованные привычки мышления исчезнут современем. Это доказывается, между прочим, тем, что в настоящее время каждый образованный человек понимает учение об антиподах, и что многие понимают неевклидову геометрию. И если философии удастся построить систему, в которой ясно выступит необоснованность постановки вопросов в раньше рассмотренных случаях, и этим самым удастся подавить привычное стремление к разрешению подобных вопросов, то она одним ударом разрешит самые темные загадки, и философия будет достойна названия королевы наук. Наши прирожденные законы мышления являются условием нашего сложного опыта, но они не были таковыми у более простых существ. У них они возникали постепенно и развивались медленно вследствие их несложного опыта и от них уже по наследству передались более высокоорганизованным существам. Этим объясняется, что в них (законах мышления) встречаются синтетические суждения, которые выработаны нашими предками, для нас же они прирождены и, следовательно, априорны. Из этого следует их принудительная сила для нас, но отнюдь не их непогрешимость. Если я утверждаю, что суждение, „все должно быть красным, либо не-красным“, вытекает из опыта, то я не утверждаю, что каждый проверил эту ничего не говорящую истину на опыте, но утверждаю, что каждый знает по опыту, что его предки каждую вещь называли либо красной, либо не-красной, и подражает им в их названиях.

Может показаться, что мы слишком подробно рассматриваем философские вопросы, но мне кажется, что более коротким и простым путем мы не могли бы достигнуть добытого нами результата; я имею ввиду беспристрастное суждение о том, как следует понимать атомистическое строение материи. Мы, конечно, не будем основываться на законе мысли, что не существует границ делимости материи. Этот закон мысли имеет не больше цены, чем суждение наивного человека о том, что, раз, куда бы он ни шел по земле, вертикальные направления ему покажутся параллельными, то не может быть антиподов. Поэтому с одной стороны, мы будем исходить только из данных опыта, с другой же стороны при образовании наших понятий и при установлении связи между представлениями не будем обращать внимания ни на что другое, кроме достижения возможно адекватного выражения полного соответствия того, что дано нам в опыте. Что касается первого пункта, то самые разнообразные факты физики тепла, химии кристаллографии указывают, что пространство, заполненное непрерывными телами, отнюдь не однородно и непрерывно заполнено материей, но что в нем находится чрезвычайно большое количество отдельных физических индивидуумов — молекул и атомов, которые, хотя и очень малы, но не бесконечно малы в математическом смысле этого слова. Мы можем вычислить их ве-

личину с помощью различных, совершенно не связанных между собою методов и всегда получаем одинаковый результат. Плодотворность атомистической теории была блестяще доказана в новейшее время. Все явления, наблюдаемые в опытах с катодными, беккерелевыми лучами и т. д., указывают на то, что мы здесь имеем дело с малыми частицами, выбрасываемыми телами,—с электронами. После ожесточенной полемики это воззрение совершенно победило вначале враждебную ей волнообразную теорию этих явлений. Первая из вышеназванных теорий не только гораздо лучше годилась для объяснения известных до сих пор фактов, она побуждала своих последователей к новым экспериментам и дала возможность предсказывать новые, до сих пор неизвестные явления. Таким образом, наша теория развилась в атомистическую теорию всего учения об электричестве. Если эта наука будет развиваться с таким же успехом, как и в последние годы, если явление превращения эманации радия в гелий, наблюдавшееся Рамзаем, не останется отдельным фактом, то эта теория обещает нас привести к совершенно неожиданным заключениям о природе и строении атома. А именно, вычисление показывает, что электроны гораздо меньше, чем атомы весомой материи, и гипотеза, что атомы суть разнообразные комбинации электронов, а также различные интересные воззрения на способ этого построения сегодня у всех на устах. Слово „атом“ не должно нас смущать,—оно нам знакомо с давних времен; в неделимость атома не верит в настоящее время ни один физик. Но все эти факты и все заключения из них не касаются сущности того, на что я хочу обратить внимание. Они не в состоянии дать критерий для решения вопроса об ограниченной или неограниченной делимости материи. Если то, что в химии называется атомами, мы будем себе представлять состоящим из электронов, то что же нам тогда мешает представлять себе электроны протяженными тельцами, непрерывно заполненными материей.

Мы будем здесь следовать установленным нами раньше философским принципам и потому постараемся возможно непринужденным образом исследовать самое образование понятий и сделаем это без противоречий и возможно целесообразно. Тогда окажется, что бесконечность мы не сумеем определить иначе, как предел величины, все время возрастающей; по крайней мере до сих пор никому не удавалось другим образом дать более или менее ясное понятие о бесконечности. Следовательно, если мы хотим описать континуум (непрерывность) словами, то мы должны обязательно мысленно представить себе большое, но конечное число частиц, имеющих определенные свойства, и исследовать комплекс, состоящий из этих частиц. Известные свойства этой совокупности могут приближаться к определенному пределу вместе с ростом числа частиц и с убыванием их величины. Тогда об этих свойствах можно будет утверждать, что они принадлежат также и континууму и по моим воззрениям это и будет единственно возможное непротиво-

речивое определение континуума, имеющего данные свойства. Поэтому вопрос о том, имеет ли материя атомистическое или непрерывное строение, сводится к тому, соответствуют ли свойства, получаемые в предположении, что имеется очень большое, конечное число частиц или что число их постепенно возрастает, тем свойствам материи, какие мы наблюдаем на опыте. Правда, мы не даем здесь ответа на старый философский вопрос, но мы излечились от стремления разрешить его противно здравому смыслу, попадая при этом в тупик¹⁾. Процесс мышления, при котором мы сначала исследуем свойства некоторого конечного комплекса, а затем даем возможность расти числу членов, составляющих этот комплекс, остается одним и тем же в обоих случаях; и тогда, когда, как это часто случается, за исходный пункт физической теории принимается дифференциальное уравнение, то это есть не что иное, как сокращенный способ того же самого процесса мышления с помощью алгебраических знаков. Составные части нашего комплекса дающего нам картину материальных тел, мы не можем считать находящимися все время в покое, потому что тогда не было бы вообще никакого движения, и не можем считать их в относительном покое в одном и том же теле, так как иначе мы не могли бы понять жидкостей. Далее, еще никому не удалось представить себе эти части иначе, как подчиняющимися общим законам механики. Поэтому мы и выбираем для объяснения явлений природы совокупность очень большого числа очень малых непрерывно движущихся и подчиняющихся законам механики изначальных индивидуумов. Против этого воззрения было сделано возражение, которое мы можем сделать исходным пунктом соображений, являющихся конечной целью настоящего доклада. Уравнения механики совершенно не меняются, если изменить в них знак перед выражением времени. Поэтому все чисто механические процессы могут протекать как в одном направлении, так и в ему противоположном, как в направлении возрастающего времени, так и времени убывающего. Но мы уже в обыденной жизни замечаем, что прошедшее и будущее связано не так, как направление направо и направление налево, но между ними имеется значительная разница.

Более точно этот вопрос ставится так называемым вторым законом механической теории тепла. Последний гласит, что когда произвольная система тел будет предоставлена сама себе и не подвержена действию других тел, то всегда может быть указано направление, в котором будет происходить каждое изменение состояния.

Можно составить некоторую функцию состояния всех тел, т. н. энтропию, имеющую то свойство, что всякое изменение состояния будет происходить только в направлении, связанном с возрастанием этой функции, так что она с течением времени

¹⁾ Здравая точка зрения ученого исследователя, способного давать ценные работы.
Прим. ред.

растет сама. Правда, этот закон получен путем абстракции, так же, как принцип Галилея, потому что невозможно иметь систему тел, совершенно не подверженную воздействию других тел. Но так как он вместе с другими законами приводит нас всегда к верному результату, то мы считаем его справедливым, так же как мы это делаем по отношению к галилеевскому принципу.

Из этого закона следует, что всякая замкнутая система тел стремится к определенному конечному состоянию, для которого энтропия будет максимум. Конечным выводом этого закона является удивительное положение, что весь мир стремится к состоянию, при котором всякие явления прекратятся; но такое заключение становится само собою понятным, если представлять себе мир конечным и подчиняющимся второму закону. Если же смотреть на мир, как на нечто бесконечное, то возникают опять те же самые противоречия, какие получались, когда мы не считали бесконечное просто только пределом.

Так как дифференциальные уравнения механики не содержат в себе ничего аналогичного второму закону, то представить его механически можно с помощью допущений относительно начальных условий. Чтобы найти такие подходящие допущения, мы должны принять во внимание то, что мы предполагали для объяснения кажущихся непрерывными тел, а именно, что из каждого сорта атомов или общих механических индивидуумов чрезвычайно большое число должно находиться в самых разнообразных начальных положениях. Для математической обработки этого предположения была создана особая наука, имеющая своей целью исследование движений единичной механической системы, но нахождение свойств целого комплекса многочисленных механических систем, исходящих из самых разнообразных начальных состояний. Честь систематизировать эту науку, изложить ее в стройном сочинении и дать ей характерное имя принадлежит одному из величайших американских ученых, быть может, величайшему в области абстрактного мышления и теоретического исследования—Вилларду Гиббсу, недавно умершему профессору Йельского колледжа. Он назвал эту науку статистической механикой. Она распадается на две части. В первой части исследуются условия, при которых внешние свойства комплекса очень значительного числа механических индивидуумов не меняются, несмотря на оживленное движение этих индивидуумов. Эту часть я бы назвал статистической статикой¹⁾. Вторая часть вычисляет постепенное изменение этих внешних свойств, если первые условия не соблюдены,—это я бы назвал статистической динамикой. Мы здесь не будем касаться той перспективы, какая открывается при применении этой науки к статистике живых существ, человеческого общества, к социологии, а не только к механическим телам, а только укажем на это. Изложение деталей этой науки возможно только с помощью математических

¹⁾ Это случаи т. н. подвижного равновесия.

формул и в целом ряде докладов. Она связана с целым рядом не только математических, но и принципиальных затруднений. Дело в том, что она основывается на теории вероятностей. Последняя, правда, столь же точна, как и всякая другая математическая наука, если только дано понятие о равновероятных событиях. Но последнее, как понятие основное, не может быть выведено из более простого и должно быть рассматриваемо, как данное; следовательно, дело обстоит так же, как в формулах метода наименьших квадратов, которые безупречны только при известных допущениях о равновероятных элементарных ошибках. Этими принципиальными затруднениями объясняется, что даже наиболее простой результат статистической статистики—доказательство Максвелловского распределения скоростей между молекулами газа—до сих пор многими оспаривается. Основные положения статистической механики являются строгими следствиями сделанных допущений и поэтому всегда будут оставаться справедливыми, как все строго обоснованные математические выводы. Но их приложение к объяснению явлений природы представляет прототип физической гипотезы. Если мы будем исходить из простейших основных предположений о равновероятных событиях, то найдем, что явления в агрегатах очень большого числа индивидуумов подчиняются тем же законам, как действительные явления в природе. Поступательные и вращательные видимые движения должны постепенно все более и более переходить в невидимые движения мельчайших частиц, в так называемые тепловые движения, о которых Гельмгольц так характерно говорит: „упорядоченные движения всегда переходят в неупорядоченные; смесь различных веществ так же, как смесь различных температур, так же, как смесь более или менее оживленных молекулярных движений должна переходить в более равномерное распределение“. Что такое смещение с самого начала не было вполне совершенным, что мир, напротив, исходил из очень маловероятного начального состояния, это можно считать основной гипотезой всей теории и можно сказать, что причина этого столь же мало известна, как и вообще причина, почему мир таков, каков он есть, а не иной. Здесь, однако, возможна и другая точка зрения: состояние, связанное с большой разностью скоростей, с большой разницей температур, является теоретически не абсолютно невозможным, оно только мало вероятно. Если мы, поэтому, предположим мир достаточно великим, то в нем, согласно законам теории вероятностей, могут появляться места размерами с наш звездный мир с маловероятным распределением состояний¹⁾. Как при их образовании, так и при их разрушении временное течение процессов будет односторонним, и если в этих местах находятся мыслящие существа, то они должны получить о времени

¹⁾ Т.-е. Больцман приходит к мысли, что тот же самый механизм, который ведет данный мир к гибели, приводит к возникновению новых миров.

то же самое представление, какое имеем мы, несмотря на то, что временное течение процессов для всего мира может быть и не-односторонним ¹⁾). Развита здесь теория выходит из рамок опыта, но она обладает тем качеством, которое должна иметь подобная теория, именно представляет нам данные опыта в очень своеобразном освещении и побуждает к дальнейшим размышлениям и исследованиям ²⁾).

В противоположность первому закону, второй принцип представляется простым положением теории вероятностей, на что указано было Гиббсом еще в 70-х годах прошлого столетия.

Я здесь не избегал философских вопросов в твердой надежде, что единодушное сотрудничество философии и естествознания даст новую пищу обеим этим наукам, более того, что только таким образом можно достигнуть последовательных умозаключений, и если Шиллер обращался к естествоиспытателям и философам своего времени со словами: „да будет между вами вражда, еще рано заключать вам союз“, то я думаю, что я ему не противоречу, если утверждаю, что теперь настало время для заключения союза.



¹⁾ Возникновение системы, подобной нашему звездному миру, есть событие мало вероятное, за направление времени Больтцман считает от мало вероятного к более вероятному. Мысль о возникновении миров, высказанная Больтцманом, тщательно замалчивается повидимому в силу религиозных предрассудков. Более подробно о взглядах Больтцмана с математическими доказательствами см. А. Тимирязев „Кинетическая теория материи“ Госиздат. 1922 г.

²⁾ Теория и экспериментальные работы в области брауновских движений подтверждают точку зрения Больтцмана.

Прим. ред.

Прим. ред.

О Г Л А В Л Е Н И Е.

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА	3
1. О. Винер. Расширение области чувственных восприятий . . .	12
2. Ф. Бьеркнес. Сравнительный метод в физике	34
3. Г. Гельмгольтц. О цели и об успехах естествознания	42
4. Г. Гельмгольтц. Философия и естественные науки	67
5. Дж. Дарвин. Эволюция в неорганическом мире	85
6. Дж. Дарвин. О происхождении двойных звезд	121
7. Л. Больцман. Второй закон механической теории тепла . . .	144
8. Л. Больцман. Статистическая механика.	165

27-147
✓ И. Крылов 187
XVI
ПОПУЛЯРНО-НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА

DX
5445 №1/1
ФИЛОСОФИЯ НАУКИ

ЕСТЕСТВЕННО - НАУЧНЫЕ
ОСНОВЫ МАТЕРИАЛИЗМА

ЧАСТЬ I — ФИЗИКА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

Проф. А. К. ТИМИРЯЗЕВА

ВЫПУСК I

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1923 ПЕТРОГРАД