

БИБЛЮТЕКА ЗНАНІЯ

Норманъ Кемпбелль

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Переводъ съ англійскаго

Ө. Ө. Соколова

ИЗДАНИЕ П. П. СОИКИНА. С.-ПЕТЕРБУРГЪ

1914

НАЗВАНИЕ ОРИГИНАЛА:

THE PRINCIPLES
of ELECTRICITY

By Norman R. Campbell,
M. A.

London.



Тип. П. П. Сойкина, СПб. Стремянная, № 12

ПРЕДИСЛОВІЕ АВТОРА.

Это небольшая книжка представляет попытку освѣтить при помощи основныхъ законовъ и теорій ученія объ электричествѣ нѣкоторые изъ главныхъ принциповъ, на которыхъ базируется все вообще научное изслѣдованіе. Она предназначена для читателя, интересующагося общими вопросами знанія; не требуя отъ него никакихъ предварительныхъ свѣдѣній о тѣхъ фактахъ, которые въ ней разсматриваются, она потребуетъ отъ него только напряженнаго вниманія и тщательнаго размышленія; она не имѣетъ цѣлью доставить легкое чтеніе на полчаса, но стремится удовлетворить потребностямъ того, кто дѣйствительно жаждетъ знанія.

Въ сочиненіи такого малаго объема и съ такимъ широкимъ содержаніемъ лишь немного вниманія можетъ быть удѣлено деталямъ. Надо надѣяться, что ни въ какой изъ его главъ не упущены важныя вещи; но авторъ вовсе не прилагалъ усилій для того, чтобы достигнуть той аккуратности въ мелочахъ, которая необходима для учебника. Съ другой стороны, имъ были приложены все старанія для того, чтобы избѣгнуть какихъ-либо неясностей въ изложеніи или смѣшенія понятій.

ГЛАВА I.

Законы и теорія электростатическихъ явленій.

1. *Что такое электричество?*— Всякій, кто посвящалъ большее или меньшее количество времени изученію физики, вѣроятно, знакомъ съ вопросомъ, постоянно обращаемымъ къ нему со стороны его друзей, далекихъ отъ науки. „Что такое электричество?“—спрашиваютъ они, и имъ необходимъ на этотъ вопросъ совершенно прямой и ясный отвѣтъ. Получивъ отвѣтъ, эти друзья болѣе или менѣе вѣжливо скрываютъ желаніе заявить, что имъ изъ этого отвѣта ясно только то, что вопрошаемый въ наукѣ понимаетъ очень немногимъ больше ихъ самихъ. Однако, въ дѣйствительности, научное невѣжество обнаруживается задаваніемъ подобнаго вопроса, а не невозможностью отвѣтить на него. Чѣмъ болѣе человѣкъ знакомъ съ наукой, тѣмъ болѣе затруднительнымъ ему кажется отвѣтъ на этотъ вопросъ, такъ какъ тѣмъ болѣе для него ясно, что на вопросъ, предложенный въ такой формѣ, не можетъ быть дано отвѣта. Однако, спрашивающій, вѣроятно, ищетъ для себя такихъ указаній, которыя онъ могъ бы понять, не предпринимая глубокаго изученія вопроса. Эта маленькая книжка представляетъ попытку дать такому лицу желаемый отвѣтъ. Задавая столь оригинальный вопросъ, вопрошающій доказалъ этимъ, что онъ не просто невѣжда, но что у него имѣются опредѣленные взгляды на науку, являющіеся совершенно ошибочными. Поэтому я опасался, что, если буду вести изложеніе, какъ въ учебникѣ, излагая пдеп, развиваемыя учеными въ приложеніи къ электрическимъ явленіямъ, то мой читатель неправильно пойметъ многія описанія и утвердится во многихъ ошибочныхъ понятіяхъ. На этомъ основаніи мнѣ хотѣлось начать съ краткаго объясненія того, что такое вообще наука, ка-

кого рода изслѣдованіями она занимается и какого рода отвѣты она даетъ. Только послѣ такого введенія можно излагать какую-либо спеціальную область науки съ пользою для нашего воображаемаго собесѣдника.

2. *Основы науки.* — Учебникъ электричества могъ бы, вѣроятно, начинаться чѣмъ-нибудь вродѣ такой фразы: „Греки открыли, что кусокъ янтаря, потертый рукою, пріобрѣтаетъ способность притягивать легкія тѣла, находящіяся около него“. Это описаніе особенныхъ свойствъ янтаря служитъ прекраснымъ примѣромъ большого числа научныхъ предложеній, съ которыми намъ придется имѣть дѣло.

Легко видѣть, что это предложеніе описываетъ совершенно опредѣленные наблюденія; съ перваго взгляда излагаемая въ немъ наблюденія могутъ показаться чрезвычайно простыми и не требующими никакихъ дальнѣйшихъ разысканій объ ихъ природѣ. Но небольшое размышленіе показываетъ, что дѣло не такъ просто, какъ кажется съ перваго взгляда. Представимъ себѣ, что мы встрѣтились со скептикомъ, который утверждаетъ, что это предложеніе ему вовсе не кажется совершенно яснымъ и что ему желательно знать, что подъ нимъ подразумѣвается. При этомъ предполагается, что непониманіе его не вызвано просто тѣмъ, что онъ говоритъ на другомъ языкѣ, чѣмъ мы. Вѣроятно, прежде всего онъ спросилъ, что мы понимаемъ подъ „янтаремъ“. Намъ нетрудно будетъ ему отвѣтить: „янтарь“ — можемъ сказать мы — „это желтое, хрупкое, твердое вещество, находимое около моря, и т. д.“. Но нашъ собесѣдникъ вдругъ спрашиваетъ насъ, что мы понимаемъ подъ „желтымъ“, „хрупкимъ“ и „твердымъ“. Мы можемъ легко объяснить ему, что мы понимаемъ подъ „хрупкимъ“; мы понимаемъ подъ этимъ словомъ слѣдующее свойство тѣла: если мы его будемъ колотить молоткомъ, то оно не будетъ расплющиваться, но разсыпается на куски. Гораздо труднѣе будетъ намъ объяснить понятіе „твердый“; мы понимаемъ подъ этимъ словомъ свойство янтаря, въ силу котораго, взявъ кусокъ его двумя пальцами, мы не можемъ сблизить ихъ до соприкосновенія. Когда же нашъ собесѣдникъ спроситъ, что мы разумѣемъ подъ „желтымъ“, мы не сможемъ дать ему никакого отвѣта. Въ этомъ случаѣ, если онъ не знаетъ, что значить это слово, мы ничего не объяснимъ ему, даже если переведемъ это слово на всѣ земные языки. Если же онъ удовлетворится тѣмъ, что „желтый — это желтый“, то

разговоръ можетъ продолжаться, и онъ можетъ съ пользою для себя продолжать задавать вопросы. Онъ можетъ, на примѣръ, спросить насъ, что мы понимаемъ подъ словами „молотокъ“ и „разсыпаться“. Мы опять должны будемъ разобрать, возможно ли разъяснить эти понятія или же, какъ въ случаѣ „желтаго“, они столь просты, что не допускаютъ дальнѣйшаго анализа. Мы можемъ такимъ образомъ представить себѣ, что этотъ разговоръ продолжается до тѣхъ поръ, пока нашъ собесѣдникъ не получитъ отъ насъ всѣхъ объясненій, которыя только мы найдемъ возможность ему дать. Онъ, такимъ образомъ, заставитъ насъ разложить наше первоначальное предложеніе на значительное число новыхъ предложеній, а эти—въ свою очередь—на новыя предложенія до тѣхъ поръ, пока въ результатѣ анализа не получатся настолько простыя представленія, что они уже не могутъ подлежать дальнѣйшему объясненію.

3. *Законы.* — Всякій, кто пожелаетъ провести во всей полнотѣ вышеописанный анализъ того предложенія, которое мы привели въ началѣ § 2, вскорѣ разочаруется въ предположеніи, что оно совершенно просто. Наоборотъ, онъ найдетъ, что заключенныя въ немъ понятія исключительно сложны. Это заключеніе представляетъ собою первую цѣль, съ которою мы дали приведенный примѣръ. Вторая цѣль достигается не столь легко; ее нельзя достигнуть во всей полнотѣ, не продѣлавъ полнаго анализа — дѣла гигантской трудности. Она заключается въ установленіи нѣкотораго заключенія относительно природы тѣхъ послѣднихъ предложеній и послѣднихъ понятій, къ которымъ приводитъ анализъ, которыя всѣ, подобно разсмотрѣнному выше понятію „желтый“, таковы, что не могутъ подлежать дальнѣйшему объясненію. Въ настоящее время признаютъ, что если такой анализъ произведенъ, то всѣ послѣднія входящія въ него предложенія будутъ, подобно предложенію „это тѣло желто“, опираться на наши чувственные впечатлѣнія. Эти предложенія будутъ, такъ сказать, утверждать, что нѣчто извѣстно намъ непосредственно, благодаря органамъ чувствъ, что виденъ цвѣтъ, слышенъ звукъ или чувствуется мускульное усиліе. Ясно, по крайней мѣрѣ, что предложенія такого рода являются сами по себѣ окончательными, и нѣтъ возможности давать дальнѣйшія ихъ разъясненія. Нѣтъ возможности заставить кого-либо понять, что мы понимаемъ, говоря, что мы слышимъ высокую ноту, или что мы начи-

наемъ двигать рукой, или что разсматриваемый предметъ намъ кажется желтымъ.

Такимъ образомъ, научное предложеніе, въ родѣ того, которое было приведено для примѣра въ началѣ § 2, состоитъ изъ сложнаго соединенія простыхъ предложеній, касающихся чувственныхъ воспріятій; оно можетъ быть разложено на рядъ такихъ предложеній, и о справедливости или ошибочности его нужно судить по справедливости или ошибочности этихъ основныхъ предложеній. Это заключеніе хорошо пзвѣстно всякому, кто знакомъ съ направлениемъ современной мысли, поскольку дѣло касается основаній научнаго знанія. Нашъ примѣръ является тѣмъ, что обычно называется „научнымъ закономъ“, а „законъ“ часто опредѣлялся, какъ описаніе ряда ощущеній. Употребленіе слова „рядъ“ въ этомъ опредѣленіи обращаетъ наше вниманіе на особенность закона, имѣющую сейчасъ для насъ только второстепенное значеніе, но которую не слѣдуетъ совершенно упускать изъ вида.

4. *Природа законовъ.* — Предложеніе § 2 о натертѣмъ янтарѣ представляетъ собою совокупность простыхъ предложеній относительно нашихъ ощущеній, но оно является не только такою совокупностью: простыя предложенія распредѣлены въ немъ въ опредѣленномъ порядкѣ, и установлены связи между ними. Такъ, предложеніе „янтарь былъ натертъ“ составляетъ часть этой совокупности, а предложеніе „янтарь притягиваетъ легкія тѣла“ — другую часть. Все наше предложеніе не только даетъ оба эти утвержденія, но утверждаетъ также и связь между ними, именно, что ощущенія, описываемыя первымъ частнымъ предложеніемъ, случаются прежде ощущеній, описываемыхъ вторымъ частнымъ предложеніемъ: янтарь притягиваетъ легкія тѣла послѣ того, какъ онъ былъ натертъ. Такой родъ связи между простыми предложеніями, при которомъ утверждается, что одинъ рядъ ощущеній случается послѣ второго, привлекалъ большое вниманіе лицъ, писавшихъ о философіи науки. Обычно предложенія, въ которыхъ эта связь ясно выступаетъ, носятъ названіе „законовъ“.

Но въ научныхъ предложеніяхъ могутъ заключаться не только связи этого рода. Такъ, утвержденіе, что янтарь натертъ, заключаетъ въ себѣ предложеніе о существованіи такой вещи, какъ янтарь, а это предложеніе, какъ мы видѣли, въ свою очередь указываетъ, что вещь эта желта,

тверда, хрупка и встрѣчается около моря. Последнее предложение можно опять разложить на частныя предложения о существованіи твердой вещи, о существованіи хрупкой вещи и т. д., при чемъ каждое изъ нихъ представить собою рядъ предложений о чувственныхъ ощущеніяхъ. Здѣсь уже связь между частными предложениями, устанавливаемая полнымъ предложениемъ, не заключается въ томъ, что одинъ рядъ ощущевій случается послѣ другого; вещество называется янтаремъ, если сперва замѣчена его твердость, а затѣмъ его хрупкость или же, если эти наблюденія были сдѣланы въ обратномъ порядкѣ. Если же мы пойдемъ далѣе и проанализируемъ предложение о хрупкости янтара, то найдемъ, что это предложение утверждаетъ слѣдующее: послѣ того какъ янтарь подвергнуть ударамъ молотка, онъ распадается на куски. Здѣсь снова появляется родъ связи между предложениями, утверждающій, что одна группа ощущеній слѣдуетъ за другой. Задача произвести полный анализъ и описать различные роды связей между предложениями, содержащимися въ нашемъ исходномъ предложеніи и утверждающими наличность чувственныхъ ощущеній, отвлекала бы насъ далеко отъ нашихъ непосредственныхъ цѣлей. Слѣдуетъ, однако, замѣтить, что связь, заключающаяся въ неизмѣнной послѣдовательности, ни въ какомъ случаѣ не является единственно возможной и даже крайне рѣдко такая связь одна только фигурируетъ въ такихъ предложенияхъ, которыя всѣми принимаются за законы. Вслѣдствіе этого попытка приписывать терминъ „закона“ такимъ только предположеніямъ, въ которыхъ особенно ясна эта связь, кажется мнѣ искусственной и ошибочной. Поэтому въ послѣдующемъ этотъ терминъ будетъ нами прилагаться одинаково ко всѣмъ предложениямъ, утверждающимъ общую связь какого бы то ни было рода между чувственными ощущеніями. Мы будемъ называть „законами“ не только предложения въ родѣ „натертый янтарь притягиваетъ легкія тѣла“, но также и такія предложения, какъ „существуетъ вещество—янтарь, одновременно желтое, хрупкое и т. д.“.

Мы должны оставить теперь эти общія соображенія о природѣ научныхъ предложений и рассмотреть подробно спеціальныи классъ такихъ предложений, которыя относятся къ научной области, указанной въ заглавіи этой книги. Связь съ предшествующимъ изложеніемъ не окажется сразу очевидной. Изложенное выше было необходимо не столько

для пониманія электрическихъ законовъ, которые ниже будутъ описаны, сколько для того, чтобы помочь намъ въ заключеніе противопоставить эти законы различнымъ сортамъ тѣхъ научныхъ положеній, съ которыми они слишкомъ часто смѣшиваются. Въ послѣдующихъ нѣсколькихъ параграфахъ мы будемъ имѣть дѣло только съ законами. Но изъ того, что было сказано выше, ясно, что для рѣшенія вопроса о томъ, является ли данное утвержденіе закономъ или нѣтъ, мы должны сдѣлать полный его анализъ. Недостатокъ мѣста не позволить мнѣ показать такимъ способомъ, что все ниже приведенныя предложенія являются, дѣйствительно, законами. Читатели, не знакомые близко съ наукою, должны будутъ въ этомъ вопросѣ положиться на судъ автора.

5. *Законы электростатики.* — Факты, которые мы сейчасъ имѣемъ въ виду, знакомы каждому, кто открывалъ учебникъ электричества или слышалъ популярную лекцію. Тѣмъ не менѣе намъ необходимо особенно тщательно установить ихъ въ интересахъ дальнѣйшаго изложенія. Эти факты могутъ быть объединены въ слѣдующихъ предложеніяхъ, представляющихъ собою основные законы ученія объ электричествѣ.

Если нѣсколько кусковъ стекла натерты соответственнымъ числомъ кусковъ шелка, при соблюденіи нѣкоторыхъ специальныхъ условій, то оказывается, что стекло и шелкъ пріобрѣли слѣдующія свойства:

1) Кусокъ стекла и кусокъ шелка другъ друга притягиваютъ.

2) Два куска шелка или два куска стекла другъ отъ друга отталкиваются.

3) Кусокъ стекла или кусокъ шелка притягиваетъ всякое другое тѣло, съ которымъ оно не находится въ соприкосновеніи. При этомъ всегда притяженіе или отталкиваніе тѣмъ меньше, чѣмъ больше разстоянія между притягивающимися или отталкивающимися тѣлами.

4) Третье тѣло, пришедшее въ соприкосновеніе съ кускомъ стекла или кускомъ шелка, пріобрѣтаетъ до нѣкоторой степени свойства, перечисленныя въ пунктахъ (1), (2) и (3), присущія стеклу или шелку, съ которымъ оно соприкасалось. Стекло или шелкъ, съ которымъ соприкасалось это тѣло, теряетъ до нѣкоторой степени эти свойства, т. е. притягиваетъ или отталкиваетъ съ меньшей силой, чѣмъ раньше.

5) Эти свойства могутъ быть пріобрѣтены третьимъ тѣ-

ломъ не только при непосредственномъ соприкосновеніи со стекломъ или шелкомъ, но также при соединеніи его съ ними при помощи стержня, сдѣланнаго изъ опредѣленныхъ веществъ. Всѣ вещества при этомъ могутъ быть грубо раздѣлены на два класса. Одинъ классъ (А), въ которомъ главное мѣсто занимаютъ металлы, содержитъ вещества, передающія свойства стекла или шелка третьему тѣлу при прикосновеніи со стекломъ или шелкомъ съ одной стороны и съ третьимъ тѣломъ—съ другой. Классъ (В), къ которому относится большинство твердыхъ не металлическихъ тѣлъ, содержитъ вещества, не передающія свойствъ натертыхъ тѣлъ при указанныхъ условіяхъ.

6) Тѣла, относящіяся къ классу (А), могутъ приобрѣтать свойства стекла или шелка еще инымъ способомъ, совершенно не требующимъ соприкосновенія со стекломъ или шелкомъ. Именно, если стекло поднести близко къ одному концу тѣла, относящагося къ классу (А), а до другого его конца дотронуться на мгновение пальцемъ, то, удаливъ стекло, мы найдемъ, что тѣло приобрѣло въ значительной степени свойства натертаго шелка. Это опредѣленіе остается вѣрнымъ и тогда, если въ немъ взаимно перемѣнить слова „шелкъ“ и „стекло“.

Таковы факты, изложенные безъ лишнихъ осложнений; изъ наблюденія ихъ выросло все ученіе объ электричествѣ. Для насъ будетъ удобно, преимущественно ради краткости, ввести небольшое число техническихъ терминовъ, которые всѣ, вѣроятно, хорошо знакомы читателю. Стекло или шелкъ, обнаруживающія свойства, описанныя въ пунктахъ (1), (2) и (3), послѣ того, какъ они были натерты, называются „заряженными“. Тѣла классовъ (А) и (В) называются соответственно „проводниками“ и „непроводниками“. Методъ разряда проводниковъ, описанный въ пунктѣ (6), называется „заряженіемъ чрезъ индукцію“.

Конечно, приведенные 6 пунктовъ заключаютъ въ себѣ далеко не всѣ законы, которые были открыты при изученіи электрическихъ явленій. Извѣстно не только большое число другихъ законовъ того же рода, что и сейчасъ изложенные, т. е. описывающихъ подобныя свойства другихъ тѣлъ — не стекла и шелка—потертыхъ другъ о друга, но также открыто большое число законовъ совершенно иного рода. Вѣроятно, читатель знаетъ, что въ наукѣ объ электричествѣ важную роль играетъ измѣреніе, и что въ ней существуютъ законы

количественнаго характера, а не только качественнаго, какъ вышеизложенные. Мы знаемъ не только то, что сила притяженія между двумя наэлектризованными тѣлами убываетъ съ увеличеніемъ разстоянія между ними, но что существуетъ опредѣленное численное соотношеніе между разстояніемъ и силой притяженія. Теперь мы обратимъ наше вниманіе именно на законы такого рода. Законы, установленные выше, отличаются отъ остальныхъ, какъ по своей природѣ, такъ и по своему происхожденію, и, прежде чѣмъ пти дальше, необходимо отчетливо уяснить себѣ это различіе. Законы, приведенные въ этомъ параграфѣ, являются единственными законами, которые были открыты исключительно при помощи опыта и наблюденія, какъ это обыкновенно предполагается относительно всѣхъ законовъ. Прочіе же законы были открыты лишь послѣ того, какъ изученіе этихъ явленій подверглось дальнѣйшему развитію, о которомъ мы еще ничего не говорили.

6. *Дальнѣйшее развитіе.*— Это дальнѣйшее развитіе можетъ быть обзрѣваемо съ двухъ совершенно различныхъ точекъ зрѣнія. Съ одной точки зрѣнія, оно заключается въ установлѣніи связей между законами, уже открытыми. Мы видѣли, что законъ представляетъ собою описаніе ощущеній, испытанныхъ при наблюденіяхъ. Процессъ установленія закона заключается въ нахожденіи короткаго и яснаго положенія, суммирующаго всѣ простѣйшія предложенія относительно чувственныхъ ощущеній. Когда законъ установленъ, изъ него можно вывести всѣ эти простыя предложенія о чувственныхъ впечатлѣніяхъ. Такъ, изъ предложенія, гласящаго „натертое стекло и шелкъ притягиваютъ другъ друга“ мы можемъ вывести предложеніе, что всякій данный кусокъ стекла будетъ притягивать любой данный кусокъ шелка, о который онъ потертъ. Далѣе, какъ было показано выше, мы можемъ вывести, что стекло—это вещество твердое, прозрачное и т. д.; такимъ образомъ, устанавливая законы, мы должны находить соотношенія между простѣйшими предложеніями о чувственныхъ ощущеніяхъ. Искомыя соотношенія таковы, что по данному закону, заключающему въ себѣ эти соотношенія, мы можемъ установить сдѣланные наблюденія.

Мы можемъ теперь задать себѣ вопросъ: какъ же далеко заведетъ насъ процессъ установленія законовъ? Можемъ ли мы въ заключеніе получить одинъ законъ, который будетъ суммировать всѣ сдѣланные нами наблюденія, и изъ кото-

раго можно было бы вывести всё эти наблюденія? Или же мы въ заключеніе придемъ къ ряду законовъ, описывающихъ всё наблюденія, послѣ чего уже нельзя будетъ двигаться далѣе на пути упрощенія описаній? Основательный отвѣтъ на этотъ вопросъ занялъ бы слишкомъ много мѣста и требовалъ бы большой научной освѣдомленности. Поэтому здѣсь я не могу рѣшить его во всей полнотѣ, но полагаю, что, несомнѣнно, полное упрощеніе, приводящее къ описанію всѣхъ наблюденій однимъ положеніемъ невозможно, если предполагать, что это положеніе должно быть закономъ. Мы можемъ нѣсколько уменьшить число законовъ; напримеръ, мы можемъ соединить законы, изложенные въ пунктахъ (5) и (6) въ одинъ законъ, утверждающій, что только тѣ тѣла, которыя могутъ передавать свойства заряженнаго тѣла, могутъ быть заряжены посредствомъ индукціи. Но осуществивъ всё возможныя комбинаціи такого рода, мы все же придемъ къ ряду законовъ, между которыми не будетъ возможности установить какую-либо связь.

Однако, хотя соединеніе всѣхъ законовъ въ одномъ положеніи, которое само являлось бы закономъ, и невозможно, они все же могутъ быть соединены въ одно положеніе, которое является не закономъ, но предложеніемъ иного рода. Поэтому возможно дальнѣйшее развитіе въ указанномъ смыслѣ, и оно играетъ громадную роль въ научныхъ изслѣдованіяхъ. До сихъ поръ, однако, мы не имѣемъ никакихъ свѣдѣній о томъ, какого рода положеніе можетъ быть пригоднымъ для этой цѣли. И общая задача нахождения такого положенія, которое суммировало бы рядъ другихъ положеній, является вполне неопредѣленной, пока мы не знаемъ ничего болѣе о природѣ искомага положенія. Мы получимъ намекъ на его природу, если посмотримъ на интересующее насъ развитіе съ другой точки зрѣнія.

7. *Цѣль науки.*—Для чего вообще людямъ нужна наука? Какова цѣль всѣхъ этихъ попытокъ упростить описаніе чувственныхъ впечатлѣній? Для чего вообще мы нуждаемся въ описаніи нашихъ наблюденій и ощущеній? Мы можемъ оставить въ сторонѣ отвѣтъ, гласящій, что наука изучается по утилитарнымъ побужденіямъ, такъ какъ изученіе науки позволяетъ намъ контролировать испытываемыя нами ощущенія и такимъ образомъ содѣйствуетъ нашему физическому комфорту. Несомнѣнно, много людей изучаютъ отдѣльныя отрасли науки по такимъ побужденіямъ, но не эта причина

содѣйствовала развитію чистой науки; а здѣсь мы интересуемся лишь чистой и наиболѣе абстрактной наукой. Изучающій чистую науку производить свои изысканія просто потому, что стремится къ знанію, потому, что результатъ его работы, если онъ достаточно успѣшенъ, даетъ ему извѣстное безграничное интеллектуальное наслажденіе, подобное тому, которое испытываетъ другой человѣкъ при чтеніи крупнаго литературнаго произведенія или при созерцаніи великихъ произведеній искусства: онъ добивается не физическихъ, но духовныхъ удовольствій.

По такое лицо стремится къ дальнѣйшему развитію науки, не ограничиваясь формулами законовъ. Законы не даютъ ему искомага интеллектуальнаго наслажденія; онъ не можетъ добровольно считать ихъ концомъ своихъ трудовъ. Почти невозможно выяснитъ, почему онъ не удовлетворяется законами, какъ невозможно, въ концѣ концовъ, указать причины предпочтенія въ области искусствъ; къ счастью, нѣтъ необходимости дѣлать подобныя попытки. Я предполагаю въ моемъ читателѣ обыкновеннаго человѣка, а никто, болѣе такого лица, не чувствуетъ недостаточности законовъ, какъ конечной цѣли науки. Я взываю при этомъ къ опыту моего читателя. Если бы это небольшое сочиненіе здѣсь заканчивалось, и читатель знакомился бы изъ него только съ законами, приведенными въ § 5, какъ съ конечными результатами, полученными на громадномъ полѣ научныхъ изысканій, то, я думаю, онъ нашелъ бы, что результаты эти чрезвычайно тощи и неправильны по своему характеру. Естественный инстинктъ читателя, хотя и попорченный непонятыми увѣщаніями тѣхъ, кто долженъ лучше его знать дѣло, заставляетъ его спрашивать: „почему?“, „Эти законы очень хороши“, — можетъ сказать онъ — „но я надѣялся узнать, почему, напримѣръ, заряженныя тѣла способны притягивать незаряженныя, или почему только проводники могутъ заряжаться посредствомъ индукціи?“ Эти именно запросы и приводятъ человѣка науки къ его величайшимъ открытіямъ.

Однако, вопросъ, поставленный въ видѣ одного „почему?“, не даетъ намъ ясныхъ указаній относительно природы искомага отвѣта. Небольшое размышленіе показываетъ, что всѣ формы отвѣтовъ, даваемыхъ обыкновенно на вопросы, начинающіеся словомъ „почему“, явственно не приложимы къ вопросу, относящемуся къ законамъ, открытымъ путемъ паблюденія. Но иногда вмѣсто „почему?“ можно слышать

иное возраженіе, въ которомъ выставляется требованіе „объясненія“ законовъ. Въ этомъ требованіи заключается значительная неопредѣленность, такъ какъ „объясненія“ могутъ быть различныхъ родовъ, и изъ нихъ большинство неприменно въ интересующемъ насъ случаѣ. Но, вообще говоря, всякое объясненіе имѣетъ опредѣленное свойство— оно замѣняетъ объясняемыя положенія мыслями или словами, болѣе привычными. Въ этомъ смыслѣ объясненіе есть замѣна необычныхъ мыслей привычными; такая замѣна и представляется желательной, она и дается дальнѣйшимъ развитіемъ науки, которое насъ интересуетъ.

Такимъ образомъ, слѣдующій шагъ, который намъ предстоитъ сдѣлать, долженъ заключаться въ замѣнѣ разсмотрѣнныхъ нами законовъ какимъ-либо инымъ положеніемъ или положеніями, которыя не должны быть законами. Эти новыя положенія должны удовлетворять двумъ требованіямъ: во-первыхъ, они должны быть таковы, чтобы изъ нихъ могли быть выведены законы и чтобы они суммировали законы, какъ законы суммируютъ отдѣльныя наблюденія; во-вторыхъ, они должны быть таковы, чтобы они давали то интеллектуальное удовлетвореніе, котораго не даютъ законы, т. е. чтобы они заключали въ себѣ мысли, болѣе привычныя, чѣмъ заключенныя въ законахъ.

Даже при такой постановкѣ нашей проблемы, все же, очевидно, невозможно разрѣшить ее сразу. Не существуетъ метода притти къ ея рѣшенію столь быстро, какъ методы рѣшенія арифметическихъ задачъ. Но намъ не стоитъ терять времени и мѣста на разсмотрѣніе различныхъ возможностей, и мы рассмотримъ прямо одно объясненіе, которое было предложено. Возможны и другія объясненія, удовлетворяющія такъ же хорошо обоимъ поставленнымъ условіямъ, но не наше дѣло обсуждать ихъ. Мы не должны упускать изъ вида вопросъ, отъ котораго мы исходимъ—„что такое электричество?“—и объясненіе, ниже приводимое, является единственнымъ, которое что-либо говоритъ намъ объ электричествѣ.

8. *Теорія „жидкостей“*.—Это объясненіе основывается на аналогіи. Остановимся на фактахъ, описанныхъ въ § 4, именно на томъ, что незаряженное тѣло пріобрѣтаетъ нѣкоторыя свойства заряженнаго при простомъ соприкосновеніи съ нимъ. Есть много наглядныхъ примѣровъ такого явленія въ иныхъ областяхъ наблюденія. Напримѣръ, если

мы приведемъ нашу руку въ соприкосновеніе съ губкой, наполненной водою, то рука наша приобрѣтетъ одно изъ свойствъ губки—она стаяетъ влажной. Въ этомъ случаѣ дальнѣйшее размышленіе показываетъ, что переходъ свойства губки на нашу руку зависитъ отъ перехода на нее, „вещества“—воды. Аналогично можно предположить—я высказываю теперь это предположеніе въ той формѣ, которая обычно ему придается,—что сообщеніе свойствъ заряженнаго тѣла незаряженному при ихъ соприкосновеніи происходитъ вслѣдствіе перехода нѣкотораго вещества съ заряженнаго тѣла на незаряженное. Свойства, которыя мы разумѣемъ, говоря, что тѣло заряжено, по этому предположенію, зависятъ отъ присутствія въ тѣлѣ этого предполагаемаго вещества, называемаго „электричествомъ“. Если принять это предположеніе, то изученіе свойствъ, отличающихъ заряженное тѣло отъ незаряженнаго, даетъ намъ указаніе на „свойства электричества“. Такъ какъ существуютъ два рода заряженныхъ тѣлъ—заряженное стекло и заряженный шелкъ,—то мы должны предположить, что существуютъ два сорта разсматриваемаго вещества—„стеклянное электричество“ и „шелковое электричество“. Законы, изложенные въ пунктахъ (1), (2) и (3) параграфа 4, указываютъ, что два количества стекляннаго электричества или два количества шелковаго электричества взаимно отталкиваются, а нѣкоторое количество стекляннаго электричества и нѣкоторое количество шелковаго электричества взаимно притягиваются. Чтобы уяснить въ нашей аналогіи тотъ фактъ, что заряженное тѣло притягиваетъ незаряженное, мы должны сдѣлать нѣкоторое предположеніе относительно электрическаго состоянія незаряженнаго тѣла. Наиболѣе естественнымъ было бы предположеніе, что всякое незаряженное тѣло не содержитъ вовсе электричества; но при этомъ предположеніи наша аналогія не дала бы намъ никакого представленія о томъ фактѣ, что при треніи двухъ тѣлъ, не содержащихъ элетричества, въ обоихъ оно появляется. Иное предположеніе заключается въ томъ, что незаряженное тѣло содержитъ оба электричества—стеклянное и шелковое—въ такой пропорціи, что каждое изъ нихъ нейтрализуетъ свойства другого. Въ такомъ случаѣ дѣйствіе тренія будетъ заключаться въ раздѣленіи обоихъ сортовъ электричества, при чемъ одинъ сортъ скопляется въ стеклѣ, другой въ шелкѣ. Подобнаго рода явленіе можно наблюдать, если губка напитана двумя раз-

личными жидкостями. При этомъ два незаряженные тѣла не будутъ взаимно притягиваться, такъ какъ притяженіе стекляннаго электричества одного тѣла и шелковаго другого будетъ нейтрализоваться отталкиваніемъ ихъ шелковыхъ электричествъ. Но если тѣло, заряженное стекляннмъ электричествомъ, поднести къ незаряженному тѣлу, то оно будетъ притягивать шелковое электричество послѣдняго и отталкивать его стеклянное электричество. Если мы ко всему изложенному присоединимъ еще предположеніе, что электричества могутъ легко передвигаться внутри тѣла, то увидимъ, что въ разсматриваемомъ случаѣ шелковое электричество соберется въ частяхъ, ближайшихъ къ заряженному тѣлу, а стеклянное электричество—въ частяхъ, удаленныхъ отъ заряженнаго тѣла. Первое будетъ сильнѣе притягиваться, нежели второе отталкиваться, поэтому въ результатѣ незаряженное тѣло будетъ притягиваться къ заряженному.

Мы „объяснили“ такимъ образомъ законы, изложенные въ нунктахъ (1), (2), (3) и (4) параграфа 4; намъ остается разсмотрѣть здѣсь еще пункты (5) и (6). Наша аналогія уже наводитъ насъ на ихъ „объясненіе“. Если мы приведемъ конецъ твердаго стержня въ соприкосновеніе съ губкой, то мы не сможемъ смочить руку, касаясь ея протнвоположнаго конца стержня. Если же, вмѣсто стержня, мы возьмемъ трубку, то при такомъ прикосновеніи рука станетъ влажной. Поэтому мы предполагаемъ, что проводники соотвѣтствуютъ трубкамъ—т. е. представляютъ собою тѣла, по которымъ электричество можетъ свободно течь; наоборотъ, не-проводники суть такія тѣла, въ которыхъ электричество не можетъ двигаться свободно ¹⁾.

Это предположеніе сейчасъ же объясняетъ намъ и пунктъ (6) параграфа 4. Какъ мы видѣли, присутствіе заряженнаго стекла у одного конца незаряженнаго тѣла заставляетъ шелковое электричество собираться па этомъ концѣ незаряженнаго тѣла, а стеклянное на противоположномъ. Если тѣло

¹⁾ Внимательный читатель замѣтитъ, что здѣсь возникаетъ небольшое затрудненіе, такъ какъ для объясненія притяженія незаряженныхъ тѣлъ—проводниковъ и непроводниковъ—тѣломъ заряженнымъ, слѣдовало бы предполагать, что электричество можетъ свободно двигаться во всякомъ тѣлѣ, мы же предполагаемъ это лишь относительно проводниковъ. Это затрудненіе можетъ быть разъяснено лишь при помощи изображеній, развитыхъ въ наукѣ за послѣднее время. ~~Въ наукѣ за послѣднее время развиты~~ ~~изображенія~~ ~~за предѣлы~~ ~~этого сочиненія~~

представляет собою проводникъ, и мы коснемся его конца, удаленнаго отъ заряженнаго тѣла, то стеклянное электричество, стремясь удалиться отъ заряженнаго тѣла, перейдетъ въ нашу руку, и въ тѣлѣ останется только шелковое электричество. Если же незаряженное тѣло представляет собою непроводникъ, то стеклянное электричество не можетъ вытечь изъ него; поэтому, послѣ удаленія заряженнаго тѣла, это тѣло будетъ обладать прежними количествами стекляннаго и шелковаго электричествъ, т. е. будетъ оставаться незаряженнымъ.

9. *Теорія*.—Мы пришли, такимъ образомъ, къ объясненію электрическихъ явленій, изложенному выше. Я думаю, читатель согласится, что это объясненіе удовлетворяетъ его ожиданіямъ и что оно должно пролить новый и яркій свѣтъ на разсматриваемыя нами явленія. Дѣйствительно, это объясненіе совершенно наглядно и кажется настолько очевиднымъ, что при формулировкѣ законовъ въ § 4 мнѣ пришлось заботиться о томъ, чтобы въ нихъ не заключалось никакихъ указаній на это объясненіе. Но читателю должно быть ясно, что объясненіе это представляет собою дальнѣйшее развитіе, а самые законы явленій вполне возможно установить безъ всякой связи съ этимъ объясненіемъ. Помощь, оказываемая намъ этимъ объясненіемъ, заключается, безъ всякаго сомнѣнія, въ томъ фактѣ, что оно сводитъ совершенно незнакомыя намъ дѣйствія заряженныхъ стекла и шелка на вполне привычныя для насъ дѣйствія перехода вещества съ одного тѣла на другое.

Объясненіе, изложенное въ § 8, я предлагаю называть „теоріей“. Это слово обычно употребляется очень небрежно какъ въ наукѣ, такъ и въ обыденной рѣчи; какъ это всегда бываетъ, небрежность въ терминологіи зависитъ отъ неотчетливости мысли. При неотчетливомъ пониманіи истинной природы объясненій законовъ, которыя даетъ наука, многократно происходило смѣшеніе этихъ объясненій и объясняемыхъ имъ законовъ, несмотря на существенную разницу между ними. Мое употребленіе слова „теорія“ не всегда совпадаетъ съ принятымъ во многихъ научныхъ сочиненіяхъ, но мнѣ кажется, что большинство ученыхъ не приписываетъ этому слову вполне опредѣленнаго значенія, а пользуется имъ для обозначенія весьма различныхъ родовъ научныхъ положеній.

Мы теперь рассмотримъ точнѣе истинную природу теоріи

и ея отношеніе къ законамъ, ею объясняемымъ. Мы отмѣтили уже, что если теорія удовлетворительна, изъ нея можно выводить законы. Разсмотримъ теперь, какъ можетъ быть выполнено это выдѣленіе законовъ изъ теоріи. На обычномъ языкѣ теорія, установленная выше, можетъ быть изложена въ такихъ словахъ: „Особыя свойства заряженныхъ тѣлъ зависятъ отъ присутствія въ нихъ избытка одной изъ двухъ жидкостей, называемыхъ электричествомъ. Эти жидкости таковы, что каждая притягиваетъ другую и отталкиваетъ подобную себѣ. Эти жидкости могутъ свободно двигаться въ тѣлахъ класса (А) и не могутъ этого дѣлать въ тѣлахъ класса (В)“. Обѣ части этого описанія имѣютъ весьма различныя значенія. Вторая часть устанавливаетъ „свойства электричества“; она тщательно объясняетъ намъ природу новыхъ идей, вводимыхъ этой теоріей. Первая же часть ничего не говоритъ намъ объ электриствѣ: она указываетъ только на сущность связи между электричествомъ и наблюдаемыми нами явленіями; она представляетъ собою утвержденіе, побуждающее насъ связать новую идею объ электриствѣ съ тѣми идеями, которыя заключены въ законахъ, объясняемыхъ теоріей.

И всякая теорія совершенно такъ же состоитъ изъ двухъ частей; одна часть ея описываетъ новыя идеи, вводимыя теоріей, другая—помогаетъ намъ перевести утвержденія теоріи на языкъ идей законовъ. Вторая часть является какъ бы особаго рода словаремъ. Въ нашемъ случаѣ она состоитъ изъ утвержденія, что когда мы говоримъ: „тѣло содержитъ избытокъ одной изъ двухъ электрическихъ жидкостей“, то мы понимаемъ подъ этими словами то же, что и тогда, когда говоримъ, „тѣло обнаруживаетъ особыя свойства заряженнаго стекла или шелка“. Это утвержденіе по природѣ своей совершенно таково, что можетъ находиться во французско-русскомъ словарѣ, гдѣ объясняется, что, говоря „cela est jaune“, мы понимаемъ подъ этимъ то же, что тогда, когда говоримъ „это желто“. И только при помощи такого словаря можно изъ теорій выводить законы. Такъ, утвержденіе нашей теоріи, что противоположныя жидкости взаимно притягиваются и что онѣ могутъ свободно перемѣщаться въ металлахъ, приводитъ, очевидно, непосредственно къ заключенію, что, если мы соединимъ металломъ два тѣла, содержащія избытки противоположныхъ жидкостей, то эти избытки смѣщаются и нейтрализуютъ свои дѣйствія. Но это заклю-

ченіе не содержитъ въ себѣ ничего, кромѣ содержанія отдѣльнаго закона. Нашъ словарь даетъ переводъ: „содержащія избытки противоположныхъ жидкостей“—это значить „заряженныя, какъ стекло и шелкъ“. Сдѣлавъ „переводъ“, мы приходимъ къ части закона, содержащагося въ пунктѣ (5) параграфа 4.

Итакъ, съ одной точки зрѣнія, теорія, содержащая въ себѣ указаніе нѣсколькихъ новыхъ идей и словарь, позволяющій утвержденія, выраженные этими идеями, перевести на утвержденія, основывающіяся на наблюденіяхъ, является, какъ мы указали съ самаго начала, простымъ эквивалентомъ объясняемыхъ ею законовъ. Но, кромѣ того, такая теорія устанавливаетъ эти законы въ иной формѣ, что, по нѣкоторымъ основаніямъ, мы находимъ болѣе удобнымъ и удовлетворительнымъ. Поскольку теорія устанавливаетъ что-либо вообще о наблюденіяхъ, она устанавливаетъ только данныя тѣхъ наблюденій, которыя содержатся въ объясняемыхъ ею законахъ. Никакія иныя наблюденія не разсматриваются при созданіи теоріи. Но слѣдуетъ особенно тщательно подчеркнуть, что только при помощи словаря вообще могутъ быть выводимы изъ теоріи утвержденія, касающіяся наблюденій. Выведенныя же изъ нея утвержденія, которыя не могутъ быть переведены при помощи словаря, ничего не могутъ дать относительно наблюденій. Такъ, наша теорія утверждаетъ, что „электричество есть жидкость“. Обращаясь къ нашему словарю, мы не находимъ въ немъ данныхъ для перевода этого утвержденія. Мы можемъ перевести утвержденіе „тѣло содержитъ электрическую жидкость“, но утвержденіе, что „электричество есть жидкость“ перевести не можемъ. Слѣдовательно, это утвержденіе не заключаетъ въ себѣ вообще ничего такого, что могло бы опираться на наблюденіе. Заключенныя въ немъ мысли не основываются на какихъ-либо опытахъ. И если мы видимъ въ такомъ утвержденіи какія-либо идеи, то должны допустить, что относительно электричества можно высказать такое удовлетворяющее насъ сужденіе, которое не можетъ быть основано на опытахъ. Слѣдовательно, понятіе „электричество“ не во всей полнотѣ описывается помощью опытовъ. Пренебреженіе этимъ очевиднымъ заключеніемъ вызывало безконечныя затрудненія.

10. *Значеніе теорій.* — Теперь мы должны смотрѣть на теоріи съ опредѣленной точки зрѣнія, что дѣлаетъ ихъ

одновременно и цѣнными, и опасными. Не нужно было бы столь длинно объяснять, какія теоріи не имѣютъ права на существованіе, еслибы не было риска, связаннаго съ тѣмъ фактомъ, что теорія кажется дающей больше, чѣмъ это есть на самомъ дѣлѣ; теорія содержитъ въ себѣ намеки на многое такое, чего она въ дѣйствительности утверждать не можетъ. Когда мы говоримъ „электричество — это жидкость, обладающая опредѣленными свойствами“, то и мы сами, и наши слушатели склонны вѣрить предположенію, что электричество не только имѣетъ опредѣленные, указанные нами свойства, но также и всѣ тѣ свойства, которыя присущи прочимъ видамъ жидкостей. Мы назвали „электричество“ жидкостью, такъ какъ мы предположили, что оно можетъ легко перемѣщаться въ однихъ тѣлахъ и не можетъ этого дѣлать въ другихъ. Но предположивъ это, мы не должны принимать, что электричество, подобно другимъ жидкостямъ, имѣетъ опредѣленный вѣсъ, испаряется при нагрѣваніи, застываетъ при охлажденіи и т. д.

Однако, непосредственно не является очевиднымъ, что значать въ дѣйствительности эти намеки. Согласно всему вышесказанному, неясно, какое значеніе можетъ имѣть утвержденіе „электричество имѣетъ вѣсъ“, пока оно не объяснено при помощи словаря, т. е. не сведено на выраженіе закона. Фактически, конечно, все то, на что содержатся указанія въ теоріи, является закономъ; а въ теоріи указывается, что чѣмъ больше въ тѣлѣ электричества, тѣмъ болѣе оно должно вѣсить. Слѣдуетъ помнить, однако, что такія новыя утвержденія объ электричествѣ должны выражать законы, и въ словарь должны быть введены новые термины. Въ некоторыхъ случаяхъ необходимость такихъ новыхъ терминовъ не очевидна, но въ другихъ случаяхъ — совершенно ясна. Такъ, утвержденіе, что „электричество имѣетъ опредѣленный объемъ“, нельзя непосредственно толковать такимъ образомъ, что объемъ тѣла тѣмъ больше, чѣмъ больше въ немъ электричества. Возвращаясь къ нашей аналогіи, мы не можемъ утверждать, что объемъ мокрой губки непременно больше объема сухой. Мы должны, такимъ образомъ, тщательно остерегаться приписыванія подобнымъ утвержденіямъ опредѣленныхъ значеній, прежде чѣмъ не убѣдимся, что въ словарѣ найдутся термины, посредствомъ которыхъ они могутъ быть переведены въ формулы законовъ.

отя законы, суммируемые теоріей, всѣ вѣрны, отсюда

однако, не слѣдуетъ, что законы, на которые только содержатся намеки въ теоріи, также вѣрны. Вѣрны они или не вѣрны—этотъ вопросъ можетъ быть разрѣшенъ только опытомъ и наблюденіемъ. Мы должны убѣдиться въ томъ, что наблюденія, описываемыя этими новыми законами, могутъ быть произведены. И часто оказывается, что намеки теоріи ошибочны; на примѣръ, всѣ тѣ намеки, которые выведены выше изъ „теоріи жидкостей“ относительно электричества, всѣ они ошибочны. Не существуетъ законовъ, которые установили бы, что электричество имѣетъ вѣсъ или объемъ, что оно затвердѣваетъ при охлажденіи или испаряется при нагреваніи. Но теорія, въ которой содержатся намеки на невѣрные законы, конечно, менѣе удовлетворительна, чѣмъ теорія, содержащая въ себѣ намеки на вѣрные законы. Въ этомъ отношеніи различіе между существующими теоріями можетъ быть установлено лишь въ степени: почти всѣ серьезныя теоріи содержатъ намеки, какъ на вѣрные, такъ и на невѣрные законы. Поэтому желательно показать, если это возможно, какъ мы приходимъ къ теоріямъ, которыя содержать въ себѣ, дѣйствительно, вѣрные законы.

Никто, конечно, не предполагалъ и, я думаю, никому не придетъ въ голову предполагать, что существуетъ формальное правило, при помощи котораго можно создавать вѣрныя теоріи, т. е. теоріи, намекающія на вѣрные законы. Какъ, конечно, читатель знаетъ, были дѣлаемы попытки формулировать правила для изобрѣтенія законовъ, но всѣ эти попытки кажутся мнѣ совершенно неудовлетворительными. Относительно теорій не дѣлалось даже и подобныхъ попытокъ. Нѣкоторый свѣтъ, однако, можно пролить на этотъ вопросъ, возвратившись еще разъ къ вопросу объ образованіи теорій вообще. Какъ мы сказали, мы создаемъ теоріи влѣдствіе того, что законы кажутся намъ недостаточными, не удовлетворяя эстетическихъ потребностей нашего интеллекта. Замѣчательнъ самъ по себѣ фактъ созданія нѣсколькихъ вѣрныхъ теорій; такимъ образомъ, исходя только изъ желанія найти новую формулу для словеснаго выраженія нѣкоторыхъ законовъ, оказалось фактически возможнымъ получить такую форму, которая выражаетъ не только эти законы, но вмѣстѣ съ тѣмъ и другіе законы, первоначально не разсматривавшіеся. Этотъ фактъ, мнѣ кажется, показываетъ, что инстинктъ, побуждающій чловѣка создавать теоріи вообще, приводитъ его и къ вѣрнымъ теоріямъ.

Если изъ опыта оказывается, что эти теоріи могутъ удовле- творить интеллектуальнымъ потребностямъ, заставляющимъ человѣка птти далѣе законовъ только путемъ введенія понятій, которыя приводятъ къ заблужденіямъ, то теоріи пере- стаютъ удовлетворять человѣка, и изученіе науки прекра- щается. Чистая наука возможна только, если наблюденія оказываются въ согласіи съ требованіями разума—замѣчаніе, представляющее, конечно, избитую истину.

11. *Искусство знанія.* — Я говорилъ выше объ интел- лектуальныхъ потребностяхъ „человѣка“. Но люди, съ точки зрѣнія этихъ потребностей, бываютъ различны: одни пред- почитаютъ изучать литературу, другіе — математику, третьи — физику. Кто были тѣ люди, интеллектуальныя потребности которыхъ, казалось, руководили теченіемъ явленій природы? Отвѣтъ очевиденъ: это были, дѣйствительно, великіе люди науки. Многіе философы, которые, особенно въ теченіе послѣдняго столѣтія, занимались анализомъ и описаніемъ „метода науки“, какъ почти механическаго метода вывода результатовъ изъ наблюденій, никогда не ставили себѣ во- проса, почему эти большіе успѣхи въ наукѣ не были до- стигнуты тѣми, кто достигъ (или утверждалъ, что достигъ) наилучшаго усвоенія „метода“, но числятся за людьми въ родѣ Ньютона или Фарадѣя, философскія познанія которыхъ были весьма пезначительны. Въ своихъ попыткахъ сообщить ре- зультаты науки не-ученому человѣку такіе писатели пыта- ются скрыть тотъ фактъ, что подобные результаты дости- гнуты полетами воображенія, къ которымъ не-ученые люди совершенно не способны. Поэтому не можетъ существовать истинная философія науки, которая не признавала бы, что достиженіе дѣнной теоріи требуетъ присутствія интеллек- туальнаго элемента, вполне точнаго, не передаваемаго дру- гому лицу и неопишуемаго, подобнаго тому, присутствіе котораго отличаетъ работы крупныхъ художниковъ. Наука въ своей высочайшей формѣ не противоположна искусству— она представляетъ собою видъ искусства.

Эта особенная интеллектуальная мощь необходима для пониманія теоріи ровно въ такой же мѣрѣ, какъ и для созданія ея. Теорія можетъ намекать на мысли, вѣрныя п ложныя, но тотъ, кто обладаетъ истиннымъ научнымъ инстшк- томъ, воспринмаетъ изъ нея лишь вѣрныя мысли, но не ложныя. Невѣрныя выводы, упомянутые выше, не помѣ- шали прогрессу науки, такъ какъ всѣ они (кромѣ того, что

электричество имѣть вѣсь, который, можетъ быть, не вполне ошибоченъ) кажутся только смѣшными для всякаго чловѣка, обладающаго научнымъ чутьемъ. Никогда такой чловѣкъ не будетъ трактовать серьезно эти мысли. Но онѣ очень опасны для тѣхъ, кто этого чутья не имѣетъ, и онѣ давали поводъ для многихъ бессмысленныхъ споровъ. Когда не-ученый, можетъ быть, къ тому же философъ, слышитъ, какъ чловѣкъ науки говорить „электричество—вещество“, то онъ рѣшаетъ сейчасъ же, что электричество обладаетъ всѣми свойствами прочихъ образцовъ вещества. Смѣшеніе здѣсь отчасти словесное; довольно трудно установить, что положеніе „электричество есть вещество“ не того же самаго рода, что и положеніе „янтарь есть вещество“. Дѣйствительно, мы видѣли, что послѣднее положеніе есть простое описаніе наблюдений, а первое заключаетъ въ себѣ идеи, не вполне опредѣлимые наблюдениями. Читатели, далекіе отъ науки, часто жалуются на техническіе термины, постоянно употребляемые въ наукѣ. Но было бы меньше заблужденій, если бы въ наукѣ употреблялось больше такихъ терминовъ. Ихъ употребленіе ведетъ къ заблужденіямъ не чаще, чѣмъ пользованіе обычными словами съ новымъ значеніемъ. Но, конечно, смѣшеніе является болѣе глубокимъ; оно происходитъ изъ большей воспримчивости къ ложнымъ идеямъ теоріи, чѣмъ къ истиннымъ. Научныя теоріи предназначаются для людей науки и мыслять соотвѣтственнымъ образомъ; только люди науки могутъ надлежащимъ образомъ ихъ понимать. Тѣ же, кто не имѣетъ научнаго инстинкта, должны, по возможности, избѣгать теоріи. Наука не есть „организованный здравый смыслъ“; она представляетъ собою наиболѣе тайное изъ искусствъ.

По этимъ соображеніямъ мы въ началѣ нашихъ разсужденій обратили вниманіе на форму вопроса „что такое электричество?“ Она неизбежно требуетъ отвѣта, начинающагося словами: „электричество есть вещество“. Ниже мы увидимъ, что существуютъ теоріи электрическихъ явленій, вовсе не допускающія подобнаго отвѣта. Но даже если принять теорію, допускающую такой отвѣтъ, онъ окажется завѣдомо плохо понятымъ, если не будетъ снабженъ обширными разъясненіями.

Мы кончаемъ этимъ наше длинное введеніе и приступаемъ съ вѣрою въ то, что мы избѣжимъ большихъ ошибокъ, къ разсмотрѣнію немногихъ подробныхъ результатовъ

изученія электрическихъ явленій. Въ слѣдующей главѣ мы опять будемъ разсматривать законы, но это будутъ законы, не являющіеся результатомъ чистыхъ наблюденій, но вытекающіе изъ предположенной теории и оказавшіеся вѣрными. Наиболѣе важные законы касаются измѣренія электрическихъ величинъ.

Г Л А В А II.

Электрическія измѣренія.

12. *Что такое измѣреніе?* — Съ понятіемъ объ измѣреніи всякій знакомъ настолько хорошо, что лишь немногіе считаютъ нужнымъ анализировать его. Каждый понимаетъ, что существуютъ какъ качества, поддающіяся измѣренію, такъ и качества, которыя измѣренію не поддаются; но едва-ли кто сможетъ прямо указать существенную разницу между измѣримыми и неизмѣримыми качествами. Такъ, мы можемъ имѣть передъ собою большое число вазъ, различающихся формою, вѣсомъ, цвѣтомъ, прочностью и разрисовкой. Изъ этихъ качествъ первыя два мы, конечно, сразу признаемъ за измѣримыя. Каждому понятно утвержденіе, что одна ваза въ три или пять разъ шире или тяжелѣе другой. Идея измѣренія окраски вазъ, т. е. выраженія различія между окрасками двухъ вазъ различіемъ между числами, можетъ притти въ голову только человѣку, знакомому съ новѣйшимъ развитіемъ оптики. Измѣреніе прочности даже человѣкомъ науки можетъ быть сдѣлано лишь весьма несовершенно, а измѣреніе ихъ разрисовки совершенно невозможно. Никто не попытается никогда сказать, что одна ваза въ два раза красивѣе разрисована, чѣмъ другая.

Примененіе чиселъ для различенія предметовъ въ отношеніи извѣстнаго ихъ качества можетъ имѣть двойное значеніе. Во-первыхъ, оно можетъ оказаться просто удобнымъ, въ качествѣ метода детальнаго описанія. Ряды чиселъ можно разсматривать, какъ рядъ словъ, имѣющихъ то весьма полезное свойство, что ихъ легко можно сдѣлать, сколько угодно. Если мы замѣтимъ новую вазу, то можемъ сравнить ея размѣры съ размѣрами одной изъ остальныхъ вазъ, можемъ сказать, что она имѣетъ приблизительно тѣ же размѣры, какъ и ваза съ отломанной ручкой и ваза съ голубыми пятнами. Но если мы имѣемъ передъ собою весьма

большое число вазъ, то становится гораздо труднѣе найти достаточное число описаній такого рода, различающихъ отдѣльныя вазы. Для насъ удобно въ этомъ случаѣ отмѣтить каждую вазу номеромъ, обозначивъ, на примѣръ, вазу со сломанной ручкой № 1, вазу съ голубыми пятнами № 2 и т. д. Сколько-бы мы ни имѣли вазъ, описанія ихъ всегда останутся столь же краткими.

Такое употребленіе чиселъ общепринято въ обыденной жизни при описаніи домовъ, обозначаемыхъ номерами съ указаніемъ улицы. Подобнымъ образомъ можно пользоваться числами для различенія тѣлъ по отношенію къ любому ихъ свойству—какъ размѣрамъ, такъ и художественной красотѣ. При этомъ числа, хотя и являются прекраснымъ средствомъ различенія предметовъ, не оказываются, однако, единственнымъ такимъ средствомъ. Если мы знаемъ напередъ, что число предметовъ ограничено, то можемъ, вмѣсто чиселъ, воспользоваться буквами алфавита. Такое употребленіе чиселъ, являясь логической основой измѣренія, не представляетъ, однако, самаго измѣренія. Когда мы пользуемся числами для измѣренія, а не для описанія качествъ, то мы предпологаемъ, что существуетъ нѣкоторое соотношеніе между качествами, названными нами „2“ и „3“, и качествомъ „5“, которое не остается справедливымъ, если мы вмѣсто качества „3“ подставимъ качество „4“. Это соотношеніе мы выражаемъ, говоря, что качество „5“ есть сумма качествъ „2“ и „3“. Это соотношеніе мы и должны разсмотрѣть возможно и подробнѣе.

13. Логика измѣренія.—Когда мы говоримъ, что объемъ одной вазы въ пять разъ больше объема другой, то это значить, что мы можемъ пять разъ наполнить вторую вазу водой, однажды наполнившей первую вазу. Когда мы говоримъ, что вѣсъ одной вазы въ пять разъ больше вѣса другой, мы понимаемъ подъ этимъ, что, помѣстивъ первую вазу на одну чашку вѣсовъ, мы должны будемъ для возстановленія равновѣсія помѣстить на вторую чашку пять вазъ, одинаковыхъ съ второю. Въ каждомъ случаѣ число „пять“ указываетъ, сколько извѣстныхъ операцій нужно совершить со второю вазою, чтобы получить тотъ же эффектъ, что и произведя эту операцію съ первой вазою лишь одинъ разъ. Природа этихъ операцій въ различныхъ случаяхъ различна, и важно замѣтить, что она не произвольна, но въ каждомъ случаѣ должна быть точно опредѣлена. Пока мы не знаемъ подробно,

о какой операціи идетъ рѣчь, утверженіе „одно тѣло превосходить въ этомъ отношеніи другое въ пять разъ“ не заключаетъ въ себѣ никакого опредѣленнаго указанія. Поэтому передъ нами появляется вопросъ: почему мы выбираемъ для измѣренія опредѣленной величины извѣстную операцію охотнѣе, чѣмъ какую иную, и какъ опредѣлить, какая операція пригодна для опредѣленнаго случая?

Чтобы отвѣтить на этотъ вопросъ, слѣдуетъ замѣтить, что измѣренія должны между собою согласоваться. Измѣренія не должны производиться такъ, чтобы они приводили къ двумъ различнымъ оцѣнкамъ числа, представляющаго качество одного и того же предмета. Разсмотримъ одинъ примѣръ. Пусть мы имѣемъ четыре вазы — A , B , C и D ; пусть объемъ вазы A намъ извѣстенъ и обозначается чрезъ 1. Мы наполняемъ водою A и тщательно опорожняемъ ее содержимое въ B , C и D послѣдовательно по столько разъ, пока B , C и D не окажутся наполненными водою. Пусть такимъ образомъ оказывается, что нужно два раза наполнить и опорожнить A , чтобы наполнить B , четыре — чтобы наполнить C , и шесть — чтобы наполнить D . Такимъ образомъ намъ стало извѣстно, что объемы B , C , и D равны соответственно 2, 4, 6. Но пзъ того, что мы сказали объ измѣреніи объема, слѣдуетъ, что если мы наполнимъ B и C и опорожнимъ ихъ, выливая воду въ D , то D окажется какъ разъ наполненной, такъ какъ $2 + 4 = 6$. Если произвести опытъ, то оказывается, что, дѣйствительно, D при этихъ условіяхъ заполняется водою. Но этотъ результатъ нельзя было предсказать. Онъ не является логическимъ слѣдствіемъ опредѣленія измѣренія объема, даннаго выше; его можно предвидѣть только, основываясь на наблюденіяхъ; онъ представляетъ собою законъ. Если же мы употребимъ для этого случая иную операцію, то мы не получимъ того же результата. Мы можемъ сказать, что въ утверженіи „объемъ одного сосуда въ пять разъ больше объема другого“ заключается слѣдующая мысль: „если наполнить второй и выплеснуть содержимое его въ первый, то, повторивъ эту операцію пять разъ, вмѣсто аккуратнаго переливанія, мы послѣдній наполнимъ“. Но здѣсь уже мы не находимъ соотношенія между объемами B и C и объемомъ D , какъ выше. Наши два измѣренія оказываются не совпадающими. И вообще ничто, не зависящее отъ опыта, не можетъ заставить насъ рѣшить, какая операція — тщательное переливаніе

или внезапное выплескивание—даетъ совпадающіе результаты. То же обстоятельство, что одна операція кажется намъ разумной, а другая нелѣпой, является просто результатомъ долгаго непрерывнаго опыта.

Заключеніе, которое я долженъ отсюда вывести, гласить слѣдующее: чтобы измѣреніе было возможно вообще, нужно знать детально нѣкоторые законы. Мы должны найти опредѣленную операцію, пригодную для измѣренія въ томъ смыслѣ, что, пользуясь ею, мы всегда будемъ приходиться къ соотвѣтствующимъ результатамъ. Но рѣшить вопросъ о томъ, пригодна или не пригодна для этой цѣли опредѣленная операція, можно только опытомъ. Причина, почему мы можемъ измѣрять одни качества и не можемъ измѣрять другія, заключается въ томъ, что для однихъ найдена пригодная операція, для другихъ—нѣтъ. Такая операція найдена для измѣренія объема и вѣса; найдена такая операція, болѣе сложная—для измѣренія окраски. Но не найдено пока удовлетворительной операціи для измѣренія твердости и не найдено вовсе никакой операціи, пригодной для измѣренія художественныхъ признаковъ.

Теперь мы должны еще рѣшить, откуда мы знаемъ, что объемъ опредѣленнаго сосуда есть 1. Мы этого не знаемъ, мы это принимаемъ условно. Если пригодная для измѣренія объема операція найдена, то мы можемъ объемъ любого сосуда назвать 1, и наши измѣренія будутъ совпадающими. Конечно, число, которое будетъ приписываться опредѣленному сосуду, зависитъ отъ выбора сосуда, названнаго 1.

Формально истолковывая этотъ вопросъ, мы должны сказать, что вообще для измѣренія какого-либо качества, мы должны сдѣлать три утвержденія. Во-первыхъ (1), мы утверждаемъ, что измѣряемое нами качество одинаково для двухъ тождественныхъ въ опредѣленномъ отношеніи объектовъ. Такъ, объемъ двухъ сосудовъ одинаковъ, если количество воды, наполняющее первый, наполняетъ и второй. Во-вторыхъ (2), мы утверждаемъ, что величина эта равняется 1 для опредѣленнаго условнаго предмета. Такъ, мы скажемъ, что объемъ вазы съ голубыми пятнами равенъ 1. Въ третьихъ (3) мы утверждаемъ, что подъ фразой „разсматриваемая величина для даннаго тѣла есть сумма тѣхъ же величинъ для двухъ другихъ тѣлъ“ мы понимаемъ, что выполнение условленной операціи надъ послѣдними двумя тѣлами даетъ тотъ же результатъ, что и выполнение ея надъ пер-

вымъ тѣломъ. Такъ, мы говоримъ, что объемъ одной вазы равенъ суммѣ объемовъ двухъ другихъ, понимая подъ этимъ, что, если мы выльемъ въ какой-либо сосудъ содержимое двухъ послѣднихъ вазъ, то наполнимъ его до того же уровня, какъ и выливъ въ него содержимое первой вазы.

Всѣ эти три утверждёнiя представляютъ собою опредѣленiя: (1) есть чисто словесное опредѣленiе, въ родѣ тѣхъ, какiя мы находимъ въ словарѣ; (2) есть чисто условное опредѣленiе, вродѣ того, какое мы дѣлаемъ, называя собаку „Жучка“; (3) есть существенное опредѣленiе, и его слѣдуетъ устанавливать очень тщательно; поскольку оно утверждаетъ, что вообще возможно измѣренiе, приводящее къ совпадающимъ результатамъ, оно заключаетъ въ себѣ важный, иногда очень сложный законъ.

Итакъ, мы установили, что слѣдуетъ понимать подъ измѣренiемъ; теперь мы можемъ приступить къ разсмотрѣнiю вопроса объ измѣренiи электрическихъ величинъ.

14. *Количество электричества.*— Стоящая передъ нами задача можетъ быть формулирована слѣдующимъ образомъ. Мы имѣемъ нѣсколько кусковъ заряженнаго стекла, т. е. стекла, прiобрѣтшаго при выше описанныхъ обстоятельствахъ способность притягивать легкiя тѣла. Эти куски притягиваютъ данное легкое тѣло не одинаковымъ образомъ: требуется описать это различiе въ свойствахъ кусковъ стекла при помощи различiя въ числахъ, такъ, чтобы число, приписанное данному куску стекла, всегда оставалось одинаковымъ, какимъ бы путемъ, согласующимся съ нашимъ методомъ, ни было сдѣлано это приписыванiе.

Прежде всего мы должны замѣтить, что мы не начинаемъ изучать науку съ самаго начала. Мы принимаемъ, что уже ранѣе развиты были нѣкоторыя научныя положенiя и уже были опредѣлены нѣкоторыя измѣримыя количества. Между этими количествами заключаются длина и сила, но мы не можемъ здѣсь останавливаться на вопросѣ о томъ, какъ эти количества измѣряются. Мы можемъ описать различiя въ притяженiи легкаго тѣла различными кусками стекла, пользуясь этими уже извѣстными измѣримыми количествами. Мы находимъ именно, что одинъ и тотъ же кусокъ стекла различно притягиваетъ одно и то же легкое тѣло, въ зависимости отъ величины разстоянiя между стекломъ и этимъ тѣломъ. Такимъ образомъ, часть послѣдуемыхъ различiй можно описать, разсматривая соотношенiе, существу-

ющее между числомъ, представляющимъ силу дѣйствія даннаго заряженнаго тѣла на данное легкое тѣло, и разстояніемъ заряженнаго тѣла отъ притягиваемаго предмета и затѣмъ отмѣчая разстоянія различныхъ заряженныхъ тѣлъ отъ притягиваемаго тѣла. Но, выполнивъ этотъ процессъ, мы найдемъ все-же замѣтныя разности; если учтемъ различія въ разстояніяхъ на основаніи указаннаго соотношенія или если мы уничтожимъ эти различія, помѣстивъ всѣ заряженныя тѣла на одинаковомъ разстояніи отъ притягиваемаго тѣла, мы обнаружимъ все-же, что притяженіе послѣдняго различными заряженными тѣлами различно. Такъ какъ измѣримыя количества, ранѣе намъ извѣстныя, уже приняты во вниманіе, то чтобы измѣрить эти различія въ притяженіи ¹⁾, мы должны придумать новое количество.

Здѣсь намъ приходится на помощь теорія электричества. Мы не нуждаемся въ этой помощи, устанавливая два изъ трехъ опредѣленій, необходимыхъ для опредѣленія измѣряемаго количества. Эти два опредѣленія можно формулировать такъ: (1) „два тѣла одинаковы по отношенію къ величинѣ, которую мы желаемъ измѣрить, если они, будучи помѣщены на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ притягиваемаго тѣла, притягиваютъ его съ одинаковой силой“ ²⁾; (2) „эта величина равняется 1-цѣ для тѣла, которое, будучи помѣщено на разстояніи, равномъ 1, отъ тѣла, для котораго эта величина имѣетъ то же значеніе, притягиваетъ послѣднее съ силою, равною 1“. Но какая операція лежитъ въ основѣ опредѣленія (3)? Тотъ отвѣтъ, который былъ данъ выше, несомнѣнно былъ составленъ на основѣ теоріи.

Мы провели аналогію между электричествомъ и жидко-

¹⁾ Для краткости я буду употреблять одинъ терминъ „притяженіе“, подразумеваемая подъ нимъ и „отталкиваніе“, если эти два явленія не противопоставляются.

²⁾ Можно замѣтить, что въ этомъ случаѣ (1) не является чисто словеснымъ опредѣленіемъ. Если мы получаемъ совпадающіе результаты, то, очевидно, два тѣла, притягивающія одинаково тѣло А, должны также притягивать одинаково другое тѣло В. Если бы это было не такъ, мы пришли бы въ различнымъ заключеніямъ относительно величины, пользуясь которой мы брали А и В для изслѣдованія. Но узнать, что пользоваться можно безразлично А или В, мы можемъ только на основаніи опыта. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ (1) заключаетъ въ себѣ законъ; было бы логичнѣе, но зато гораздо сложнѣе въ смыслѣ изложенія, намѣнить опредѣленія такимъ образомъ, чтобы этотъ законъ заключался не въ опредѣленіи (1), а въ опредѣленіи (3).

стью. Измѣримая величина, представляющая разность между двумя вазами относительно заключающейся въ нихъ воды, называется „количествомъ воды“. Операція, пригодная для измѣренія количества воды, какъ мы видѣли, заключается въ переливаніи содержимаго одного сосуда въ другой. Въ случаѣ электрическихъ явленій мы имѣемъ также процессъ, кажущійся сначала вполне соответствующимъ опорожненію сосуда путемъ выливанія его содержимаго въ другой сосудъ. Дѣйствительно, возможны обстоятельства, когда, если заряженное тѣло А привести въ соприкосновеніе съ другимъ заряженнымъ тѣломъ В и затѣмъ вновь удалить, то А окажется не заряженнымъ, а притягивающая сила В измѣнится, т. е. В будетъ притягивать тѣла, находящіеся на опредѣленномъ отъ него разстояніи, съ иной силой, нежели раньше. Аналогія заставляетъ насъ предположить, что эта операція пригодна для измѣренія, и, соответственно, мы называемъ опредѣляемую при этомъ величину „количествомъ электричества“, содержащимся въ тѣлѣ. Поэтому мы можемъ сдѣлать попытку дать опредѣленіе (3) въ слѣдующей формѣ: „количество электричества въ А, слагается съ количествомъ электричества въ В, когда А приходитъ въ соприкосновеніе съ В при опредѣленныхъ условіяхъ“. (Здѣсь было бы бесполезно описывать подробно, каковы эти условія).

Мы должны теперь убѣдиться въ томъ, что это опредѣленіе приводитъ къ совпадающимъ результатамъ. Для этого мы должны сдѣлать слѣдующіе опыты. Возьмемъ три тѣла А, В, С—вѣ незаряженныя и значительное число тѣлъ, каждое изъ которыхъ, согласно (2), обладаетъ количествомъ электричества, равнымъ 1. Мы приводимъ и этихъ тѣлъ въ соприкосновеніе съ А, и изъ нихъ—въ соприкосновеніе съ В при опредѣленныхъ условіяхъ. Затѣмъ мы послѣдовательно приводимъ А и В въ соприкосновеніе съ С. Согласно нашему опредѣленію, С приобретаетъ количество электричества, равное $n + m$. Мы опредѣляемъ силу, съ которою С притягиваетъ нѣкоторое другое тѣло D и затѣмъ разряжаемъ вновь С. Затѣмъ мы приводимъ въ соприкосновеніе съ С $n + m$ нашихъ единичныхъ тѣлъ и замѣчаемъ вновь силу, съ которою С притягиваетъ D, находясь на томъ же разстояніи отъ D. Если сила притяженія, сколько бы мы ни повторяли опытъ, остается постоянной, при различныхъ тѣлахъ А, В, С и различныхъ числахъ n и m , то наше опредѣленіе даетъ совпадающіе результаты, и цѣль наша достигнута.

Ряды такихъ опытовъ продѣлывались неоднократно; конечно, детали этихъ опытовъ были значительно сложнѣе, нежели въ нашемъ описаніи. Я не знаю, однако, случая, когда-бы эти опыты имѣли непосредственной цѣлью повѣрку законности измѣреній, такъ какъ люди науки, особенно въ послѣднее время, не занимаются логикой измѣренія. Однако, фактически такая повѣрка дѣлается каждый день, и результаты всегда получаются положительные. Величина, которую мы назвали „количествомъ электричества“, прочно утвердилась въ наукѣ и является основой многихъ другихъ электрическихъ измѣреній. Тѣмъ же меяѣ многіе студенты затруднились бы ясно изложить основанія и наблюденія, необходимыя для ея измѣренія.

15. *Положительное и отрицательное электричество.*— Читатель, вѣроятно, замѣтилъ, что я говорю только объ одномъ „количествѣ электричества“, хотя теорія знакомитъ насъ съ двумя родами электричества—стекляннымъ электричествомъ и шелковымъ электричествомъ. Нуждаемся ли мы въ двухъ количествахъ для полнаго описанія всѣхъ электрическихъ явленій? Нѣтъ, не нуждаемся; и это обстоятельство является замѣчательнымъ слѣдствіемъ принятыхъ нами опредѣленій и однимъ изъ важнѣйшихъ ихъ преимуществъ.

Мы замѣтили, что если тѣло, заряженное стекляннымъ электричествомъ, притягиваетъ другое заряженное тѣло, то тѣло, заряженное шелковымъ электричествомъ, отталкиваетъ послѣднее. Если оба заряженныхъ тѣла привести въ соприкосновеніе, чтобы электричества ихъ смѣшались, то дѣйствія ихъ взаимно уничтожаются и притяженіе меньше, чѣмъ притяженіе каждаго отдѣльнаго тѣла. Съ перваго взгляда легко можетъ казаться, что смѣсь электричествъ будетъ притягивать незаряженное тѣло сильнѣе, чѣмъ каждое въ отдѣльности, такъ какъ оба рода электричества притягиваютъ такое тѣло. Но такое предположеніе оказывается несправедливымъ; притяженіе незаряженнаго тѣла оказывается уменьшившимся и во столько же разъ, во сколько уменьшилось притяженіе заряженнаго тѣла. Изложенная нами теорія легко объясняетъ этотъ фактъ. Предположимъ что тѣло А заряжено стекляннымъ электричествомъ, а тѣло В—шелковымъ и что, согласно опредѣленію, количества электричества, находящіяся въ А и въ В, сообщены тѣлу С. Можетъ случиться, что С окажется вовсе не заряженнымъ. Но, если, сообщивъ С одно изъ количествъ электричества,

мы, вмѣсто прибавленія другого, удалимъ это самое, результатъ будетъ такой же—С окажется вовсе незаряженнымъ. Мы видимъ, такимъ образомъ, что прибавленіе одного рода электричества имѣетъ точно такое же вліяніе, какъ удаленіе другого рода. Въ ариѳметикѣ, когда вычитаніе числа равносильно прибавленію другого числа, первое число называютъ отрицательнымъ вторымъ числомъ: результатъ прибавленія $+2$ тотъ же, что и результатъ вычитанія -2 . Соотвѣтственнымъ образомъ, въ вышеописанномъ случаѣ, назвавъ количество электричества въ А или въ В чрезъ $+a$, мы должны назвать количество электричества въ В или въ А чрезъ $-a$, и тогда не придется вводить никакихъ дальнѣйшихъ опредѣленій для того, чтобы измѣнять количества электричества обоихъ родовъ. Но мы должны убѣдиться при помощи опытовъ того же рода, что и вышеописанные, въ томъ, что этотъ методъ приводитъ къ совпадающимъ результатамъ. На практикѣ измѣренія подтвердили это.

Является еще вопросъ, яе должны ли мы болѣе тщательно формулировать опредѣленіе (2). Не должны ли мы приходиться къ различнымъ оцѣнкамъ количества электричества въ тѣлѣ, въ зависимости отъ того, какимъ электричествомъ—стекляннымъ или шелковымъ—заряжено тѣло, представляющее своимъ зарядомъ количество электричества, равное 1? Въ отвѣтъ на этотъ вопросъ опытъ даетъ слѣдующее: единственнымъ результатомъ измѣненія стекляннаго заряда единичнаго тѣла на шелковый является измѣненіе знака количества электричества нѣкотораго тѣла съ $+$ на $-$ или наоборотъ; число же, представляющее количество электричества, остается неизмѣннымъ. Величина $+2$ перейдетъ при этомъ въ -2 , но не въ -3 или -1 . Это обстоятельство является опытнымъ закономъ и чрезвычайно удобно для насъ. Иначе мы можемъ его выразить такъ: если тѣло А, заряженное стекляннымъ электричествомъ, притягиваетъ или отталкиваетъ тѣло С съ такою же силою, какъ тѣло В, заряженное шелковымъ электричествомъ, отталкиваетъ или притягиваетъ С, то количества электричества въ А и въ В, будучи соединены описаннымъ выше образомъ въ тѣлѣ D, не измѣняютъ заряда D.

Такъ какъ количества стекляннаго электричества въ точности эквивалентны количествамъ шелковаго электричества съ противоположнымъ знакомъ, то количества положительнаго электричества представляются положительными чи-

слами, а количества отрицательнаго электричества—отрицательными числами. Какое электричество связано съ опредѣленнымъ знакомъ, вопросъ не существенный. Условіе, вызванное чистой случайностью, приписываетъ положительный знакъ стеклянному электричеству и отрицательный—шелковому; поэтому всегда термины „стеклянное электричество“ и „шелковое электричество“ замѣняются терминами „положительное электричество“ и „отрицательное электричество“.

16. *Приложеніе измѣреній.*—Если намъ удалось въ какой-либо области знанія опредѣлить измѣримыя величины, то передъ нами открывается новое поле для изслѣдованій. Мы можемъ въ такомъ случаѣ пытаться находить соотношенія, всегда существующія между измѣримыми величинами. Выраженія этихъ соотношеній, когда они найдены, являются законами, подобными тѣмъ законамъ, изъ которыхъ мы исходили, т. е. описывающими наши наблюденія. Но важно замѣтить, что эти послѣднія описанія являются весьма особенными; наблюденія, описываемыя этими законами, могутъ быть многократно производимы, прежде чѣмъ окажется возможнымъ указанное описаніе ихъ кѣмъ-либо, не имѣющимъ предварительныхъ знаній. Не слѣдуетъ представлять себѣ, что законы постигаются просто опытами и наблюденіями. Справедливо, что логически не представляется невозможнымъ открыть какой-либо законъ путемъ однихъ наблюденій, но фактически всегда форма закона—а форма всегда играетъ важную роль—опредѣляется для болѣе важныхъ законовъ идеями, связанными съ нѣкоторой теоріей. Хотя логически законы предшествуютъ теоріямъ, наиболѣе важные законы физики исторически появились позже теорій. Эти наиболѣе важные законы въ большинствѣ случаевъ устанавливають соотношенія между измѣримыми величинами и, я думаю, можно утверждать, что никакая новая измѣримая величина никогда не вводилась въ физику иначе, какъ въ результатъ примѣненія какой-либо теоріи. Взглядъ, высказанный нѣкоторыми выдающимися учеными, согласно которому изученіе велчинъ улучшается при отсутствіи теорій, приедемъ, лишь если терминъ „теорія“ понимать совершенно иначе, чѣмъ мы здѣсь это дѣлаемъ.

Наиболѣе важные законы ученія объ электричествѣ, которые устанавливають соотношенія между измѣримыми величинами, суть слѣдующіе:

1. Сила притяженія заряженнаго тѣла другимъ заряжен-

нымъ тѣломъ, находящимся на опредѣленномъ отъ него разстояніи, пропорціональна количеству электричества въ этомъ тѣлѣ ¹⁾).

2. Во всякой изолированной системѣ тѣлъ сумма количествъ электричества, находящихся на всѣхъ тѣлахъ, остается постоянной при любыхъ измѣненіяхъ тѣлъ.

На самомъ дѣлѣ, я думаю, что, строго логически рассуждая, нужно второй законъ считать только опредѣленіемъ „изолированной системы“; однако, онъ описываетъ весьма важные факты, которые было-бы очень трудно выразить въ формѣ, болѣе безупречной съ точки зрѣнія логики.

Пользуясь этими законами, мы можемъ безъ затрудненій опредѣлять новыя измѣримыя величины. Если мы найдемъ, что опредѣленные величины всегда одинаково связаны съ другими величинами, то мы этой связи дадимъ особое наименованіе. Такъ опредѣливъ величины „вѣсъ даннаго количества воды“ и „объемъ даннаго количества воды“ и найдя, что онѣ пропорціональны одна другой, мы можемъ

¹⁾ Въ современной математической теоріи электричества (1) является не закономъ, но опредѣленіемъ „количества электричества“; первыя два опредѣленія § 14 удерживаются, а вмѣсто третьяго вводится слѣдующее: говоря, что количество электричества въ одномъ тѣлѣ въ два раза больше, чѣмъ въ другомъ, мы понимаемъ подъ этимъ, что это тѣло дѣйствуетъ съ силою, въ два раза большею, чѣмъ второе тѣло, на третье тѣло, одинаково удаленное отъ первыхъ двухъ. Опредѣленіе (3) въ такомъ случаѣ становится закономъ, утверждающимъ, что соприкосновеніе при опредѣленныхъ условіяхъ вызываетъ переходъ всего заряда одного тѣла на другое.

Я предпочелъ опредѣленія, данныя въ текстѣ, по двумъ причинамъ. Во-первыхъ, они лучше согласуются съ историческимъ развитіемъ предмета и, во-вторыхъ, они даютъ прекрасный случай выяснитъ логику измѣренія. Современное опредѣленіе вовсе не зависитъ отъ этой логики, поскольку рѣчь идетъ объ ученіи объ электричествѣ. Оно беретъ понятіе о силѣ изъ динамики, гдѣ доказывается опытнымъ путемъ, что сила есть существенно измѣримая величина. А такъ какъ при опредѣленіи измѣренія силы появляются спеціальныя затрудненія, не связанныя съ логикой измѣренія вообще, то стало казаться лучшимъ избѣгать этихъ затрудненій путемъ употребленія системы измѣреній, не заключающей въ себѣ этого понятія. Мы увидимъ, что при нашихъ измѣреніяхъ намъ никогда не придется встрѣчаться съ силой, въ два раза большею другой силы, но только съ силой, равной другой силѣ. Изъ трехъ опредѣленій силы мы будемъ поэтому имѣть дѣло только съ двумя первыми. Затрудненія же, какъ всегда, связаны съ третьимъ опредѣленіемъ.

сейчасъ же опредѣлить помощью отношенія вѣса къ объему величину, называемую „плотностью воды“. Съ логической точки зрѣнія такія опредѣленія являются чисто словесными, но они важны потому, что обращаютъ наше вниманіе на тотъ фактъ, что нѣкоторыя комбинаціи величинъ имѣютъ спеціальнѣйшій интересъ.

Изъ электрическихъ величинъ, опредѣляемыхъ такимъ образомъ, только одна нуждается въ упоминаніи—величина, называемая „электрическимъ потенциаломъ“. Если два тѣла, заряженные электричествомъ одного и того же знака, соединены проволокой, то, въ общемъ случаѣ, одно тѣло будетъ терять электричество, а другое приобрѣтаетъ. До сихъ поръ мы, однако, не имѣемъ никакихъ данныхъ для рѣшенія вопроса, которое изъ двухъ тѣлъ будетъ терять электричество, и которое будетъ его приобрѣтаетъ. Не всегда приобрѣтаетъ электричество то изъ двухъ тѣлъ, которое содержитъ меньшее его количество.

Электрическій потенциалъ играетъ при этомъ слѣдующую роль: если два заряженныхъ тѣла соединены проволокой, то теряетъ электричество то изъ нихъ, потенциалъ котораго больше. Онъ опредѣляется, какъ величиной заряда на тѣлѣ, такъ и формой тѣла и его положеніемъ относительно другихъ тѣлъ. Эту величину можно было бы сдѣлать первичной измѣримой величиной въ ученіи объ электричествѣ вмѣсто той, которую мы назвали „количествомъ электричества“, такъ какъ методъ ея опредѣленія также содержится въ теоріи. Если два сосуда съ водою соединены трубою, то вода потечетъ изъ того, въ которомъ вода находится подъ большимъ давленіемъ. Электрическій потенциалъ играетъ роль, аналогичную этому давленію жидкости.

17. *Электростатика*.—Для нашихъ цѣлей нѣтъ необходимости глубже вникать въ электростатику, какъ въ вѣтвь ученія объ электричествѣ, посвященную законамъ и теоріямъ, разсмотрѣннымъ нами. Мы достигли въ ея разсмотрѣніи той точки, съ которой начинается изложеніе ея, интересное для студентовъ, спеціально изучающихъ науку. Это изложеніе состоитъ изъ двухъ частей. Первая часть содержитъ въ себѣ логическія слѣдствія законовъ, разсмотрѣнныхъ нами. Общая задача здѣсь заключается въ опредѣленіи значеній ряда электрическихъ величинъ для различныхъ системъ тѣлъ известной формы и опредѣленнаго положенія. Эта задача даетъ поводъ для выводовъ, имѣющихъ значительный мате-

матическій интересъ, и имѣеть важное значеніе для второй части, состоящей изъ описанія различныхъ изобрѣтеній, основанныхъ на результатахъ, добываемыхъ электростатикою, и служащихъ для измѣренія различныхъ электрическихъ величинъ. Понятно, что оба эти отдѣла не представляютъ интереса для обыкновеннаго читателя, и потому мы переходимъ къ совершенно новому ряду явленій, приводящему къ формулировкѣ новыхъ законовъ и развитію новыхъ теорій.

Г Л А В А III.

Электро-магнетизмъ.

18. *Основные законы.*—Если въ сосудъ, содержащій разбавленную сѣрную кислоту, помѣстить пластинку чистаго цинка и пластинку чистой мѣди такъ, чтобы онѣ не соприкасались, то не происходитъ никакихъ замѣтныхъ измѣненій. Но если пластинки привести въ соприкосновеніе или если ихъ соединить металлической проволокой, то происходятъ химическія измѣненія: цинкъ постепенно растворяется въ кислотѣ, а газообразный водородъ, выдѣляющійся изъ кислоты, освобождается на поверхности мѣди. Въ то же время замѣчаются измѣненія и въ проволоку, соединяющей пластинки—она нагрѣвается, а если поднести къ ней магнитную стрѣлку, подвѣшенную, какъ въ обыкновенномъ компасѣ, то стрѣлка, первоначально обращенная своими концами на сѣверъ и на югъ, теперь обнаруживаетъ склонность стать перпендикулярно къ проволоку. Химическія измѣненія и отклоненіе стрѣлки продолжаются до тѣхъ поръ, пока проволока цѣла, и пока не растворится весь цинкъ. Если же проволоку раздѣлить, явленія сейчасъ же прекращаются.

Всякій, кто хоть немного знакомъ съ физикой, знаетъ эти факты и знаетъ, кромѣ того, что эти явленія разсматриваются, какъ электрическія. Но возможно, что не всякій, знающій это, сумѣеть объяснить значеніе того, что эти явленія электрическія, или доказать справедливость этого. Поэтому мы разсмотримъ подробнѣе, что значитъ это утвержденіе и какимъ образомъ его можно установить.

19. „*Электричество тренія*“ и „*электричество вольтаическое*“.—Наше утвержденіе, конечно, имѣеть въ виду какую-то связь между этими явленіями и тѣми, которыя мы описали

и разобрали въ предыдущей главѣ; но эти явленія не представляютъ собою частныхъ случаевъ вышеописанныхъ явленій. Новые законы, относящіеся къ этимъ явленіямъ, не могутъ никоимъ образомъ быть выведены изъ законовъ, установленныхъ выше, такъ какъ въ нихъ содержатся новыя понятія—напримѣръ, понятіе о магнитѣ — выше не встрѣчавшіяся. Болѣе того, мы можемъ сказать, что при установленіи этихъ законовъ нѣтъ нужды вводить термины „электричество“ и „электрическій“; они становятся нужными только тогда, когда мы создаемъ теорію для объясненія этихъ законовъ. Утвержденіе, что новыя явленія суть электрическія, должно имѣть связь съ теоріей, изложенной въ послѣдней главѣ, и именно оно значитъ, что новые законы можно объяснить этой теоріей или простымъ развитіемъ ея, такъ что и старыя, и новыя законы будутъ охватываться одной теоріей электричества.

Но это утвержденіе нельзя дѣлать до тѣхъ поръ, пока не доказано, что существуютъ общіе элементы въ обоихъ родахъ законовъ. Исторически идея о связи между тѣми и другими законами обосновалась на фактахъ, не разсмотрѣнныхъ нами, но, даже зная только факты, описанные выше, можно усмотрѣть связь между обоими родами явленій, рассматривая различное отношеніе къ этимъ явленіямъ металловъ и твердыхъ тѣлъ не металлическихъ. Если, вмѣсто проволоки, соединяющей въ вышеописанномъ опытѣ цинковую и мѣдную пластинки, мы возьмемъ вещество, которое въ электростатикѣ называется не-проводникомъ, то проволока изъ непроводящаго вещества никакихъ особыхъ свойствъ при опытѣ не обнаружитъ. Въ общихъ чертахъ и здѣсь получается такое же раздѣленіе всѣхъ веществъ на два класса, какъ и въ электростатикѣ.

Этотъ фактъ заставляетъ насъ подозрѣвать, что, можетъ быть, теорія электричества прольетъ свѣтъ на новыя явленія. Эта теорія считаетъ различіе между проводниками и непроводниками по отношенію къ электричеству аналогичнымъ различію между нолымъ и сплошнымъ тѣломъ по отношенію къ протекающей чрезъ тѣла жидкости. Но свойства полыхъ трубки различны, въ зависимости отъ того, проходитъ по ней токъ жидкости или нѣтъ; поэтому является предположеніе, что различіе въ свойствахъ тѣхъ тѣлъ, уподобляемыхъ трубкамъ, которыя соединяютъ цинкъ и мѣдь, зависитъ отъ прохожденія или непрохожденія по нимъ тока „электрической жидкости“. Это предположеніе было сдѣлано

сейчасъ же послѣ открытія особыхъ свойствъ проволоки, соединяющей пластинки „вольтаическаго элемента“ (т. е. вышеописанной комбинаціи изъ цинка, мѣди и разбавленной сѣрной кислоты), и много лѣтъ вопросъ о цѣнности этого объясненія дебатировался въ такой формѣ: „одно ли и то же вольтаическое электричество и электричество тренія?“

Анализъ теоріи, данной выше, показываетъ, что такая форма вопроса является нежелательной; она слишкомъ отчетливо предполагаетъ, что „вольтаическое электричество“ и „электричество тренія“ суть вещества въ томъ смыслѣ, въ какомъ вода есть вещество. Кроме того, такая форма допускаетъ неясности и затемняетъ природу вещей. И хотя, приблизительно съ 1830 года, никто не сомнѣвался въ утвердительномъ характерѣ отвѣта на этотъ вопросъ, опыты, дѣйствительно, необходимые для этого отвѣта, были продѣланы лишь пятьдесятъ лѣтъ спустя. При томъ эти опыты имѣли цѣлью дать отвѣтъ на совершенно иной вопросъ, котораго не могъ бы задавать человекъ науки, если бы онъ зналъ отвѣтъ на предыдущій вопросъ и мыслилъ логически. Исторія теоріи электричества въ началѣ XIX вѣка отлично иллюстрируетъ опасность употребленія словъ безъ изслѣдованія ихъ смысла. Но, конечно, легко быть крѣпкимъ заднимъ умомъ.

20. *Тождество электричества тренія и электричества вольтаическаго.* — Если вольтаическое электричество тождественно съ электричествомъ тренія, то, зная состояніе системы относительно электричества тренія, мы, тѣмъ самымъ, должны знать и ея состояніе относительно вольтаическаго электричества. Но для того, чтобы знать вполне состояніе системы относительно электричества тренія, нужно знать для каждой части системы значенія электрическихъ величинъ, описанныхъ въ предыдущей главѣ — количества электричества, содержащагося въ каждой части системы въ данный моментъ, и взаимныя относительно положенія этихъ частей. Съ другой стороны, такъ какъ подъ вольтаическимъ электричествомъ мы понимаемъ агентъ, вызывающій измѣненіе свойствъ проволокъ, соединяющихъ пластинки вольтаическаго элемента, то, чтобы знать вполне состояніе системы относительно вольтаическаго электричества, мы должны вполне знать всѣ величины, связанные съ этими свойствами проволоки — количество тепла, развивающееся въ проволокѣ, величину и направленіе силъ, дѣйствующихъ на магнитную стрѣлку при данномъ ея положеніи относительно проволоки, количество

раствореннаго цинка и количество выдѣляющагося водорода. Поэтому, если вольтаическое электричество то же самое, что электричество тренія, первый рядъ величинъ долженъ вполнѣ опредѣляться вторымъ, т. е. знанія одного ряда должно быть достаточно для опредѣленія всѣхъ величинъ второго ряда, какъ знанія объема, температуры и плотности газа достаточно для опредѣленія его явленія.

Опыты, которые необходимы для отвѣта на поставленный вопросъ, состоятъ, съ одной стороны, въ опредѣленіяхъ для большого числа различныхъ вольтаическихъ элементовъ электрическихъ величинъ для каждой части элемента и, съ другой стороны, въ опредѣленіи такихъ величинъ, какъ величина и направленіе силъ, дѣйствующихъ на магнитную стрѣлку. Когда эти опредѣленія сдѣланы, нужно изслѣдовать, связаны ли постоянно между собою два ряда величинъ. Это изслѣдованіе, вѣроятно, не дастъ положительнаго результата, если при этомъ не руководствоваться предвзятыми идеями о природѣ искомымъ соотношеній, такъ какъ соотношенія эти исключительно сложны и почти не уяснимы при простомъ опытѣ. Помощь намъ здѣсь опять оказываетъ теорія и предлагаемая ею аналогіи. Если бы мы стали изслѣдовать связь между свойствами полой трубки, зависящими отъ прохожденія по ней тока воды, и состояніемъ текущей воды, то мы нашли бы, что главные такіа свойства очень просто связаны съ такими величинами, какъ скорость теченія воды или давленіе, подъ которымъ протекаетъ вода. Поэтому естественно прежде всего искать соотношенія между такими величинами, какъ количество тепла, развившагося въ проволокѣ, т. е. опредѣляемыми свойствами проволоки, и такими, какъ скорость теченія электричества по проволокѣ, т. е. количество электричества, отнимаемое отъ одной пластинки и переносимое къ другой за опредѣленный промежутокъ времени. Скорость теченія, очевидно, зависитъ отъ электрическихъ потенциаловъ обѣихъ пластинокъ, соединенныхъ проволокою, и измѣренія ея играютъ при указанныхъ изслѣдованіяхъ важнѣйшую роль ¹⁾.

¹⁾ Мы здѣсь ничего не говоримъ относительно электрическихъ потенциаловъ пластинокъ, но очевидно, что разъ особія свойства проволоки зависятъ отъ прохожденія по ней „электрическаго тока“, то должна существовать разность потенциаловъ пластинокъ, такъ какъ электричество переходитъ съ одного тѣла на другое только при различіи ихъ потенциаловъ. Обнаруженіе

Указанныя наблюденія крайне трудно осуществимы, такъ какъ значенія электростатическихъ величинъ въ системахъ, обладающихъ ясно выраженными свойствами вольтаическаго элемента, или гораздо больше или гораздо меньше значеній тѣхъ же величинъ въ системѣ, отчетливо обнаруживающей электростатическія явленія, описанныя въ предыдущей главѣ. Поэтому трудно въ обоихъ случаяхъ измѣрять эти величины однимъ и тѣмъ же методомъ, какъ трудно однимъ методомъ измѣрить точно діаметры водяной капли и земного шара. Однако эти трудности были преодолены, и полученные результаты установили полное тождество электричества вольтаическаго и электричества тренія. Оказалось, что количество теплоты, развивающееся въ проволоку, вполне опредѣляется произведеніемъ двухъ электростатическихъ величинъ—количества электричества, прошедшаго по проволоку отъ одной пластинки къ другой, и разности потенциаловъ между концами проволоки. Величина силы, дѣйствующихъ на магнитную стрѣлку, вполне опредѣляется скоростью теченія электричества по проволоку. Количество растворившагося никка и количество образовавшагося водорода вполне опредѣляются полнымъ количествомъ электричества, прошедшимъ по проволоку. Когда все это было установлено, но не ранѣ этого момента, стало возможно пользоваться свойствами вольтаическаго элемента для измѣренія электростатическихъ величинъ. Теперь возможно, напримѣръ, опредѣлять скорость теченія электричества по проволоку (какъ говорятъ „токъ въ проволоку“), наблюдая силы, дѣйствующія на магнитную стрѣлку. На практикѣ въ настоящее время повсемѣстно пользуются именно такими методами. Они были бы, однако, недостовѣрны прежде, чѣмъ были продѣланы вышеуказанные опыты.

21. *Слѣдствія тождества.*—Два спеціальныя слѣдствія

разности потенциаловъ двухъ пластинокъ прежде рассматривалось, какъ доказательство тождества вольтаическаго электричества и электричества тренія. Однако, это доказательство не можетъ считаться окончательнымъ, пока не установлено, что вольтаическія величины вполне опредѣляются электростатическими величинами. Важно не то, что здѣсь имѣется разность потенциаловъ, а то, что при одинаковыхъ разности потенциаловъ и прочихъ электростатическихъ величинахъ, одинаковы также развивающаяся въ проволоку теплота, силы, дѣйствующія на магнитную стрѣлку, и т. д. Разъ послѣднія обстоятельства установлены, положительный отвѣтъ можно считать обезпеченнымъ.

теоріи вольтаическаго элемента, отождествляющей электричество, заслуживаютъ особаго вниманія. Такъ какъ полное количество электричества въ изолированной системѣ, какую представляютъ, напимѣръ, пластинки въ жидкости, постоянно, то электричество, текущее по проволоцѣ отъ одной изъ пластинокъ, не можетъ исчезать, достигая другой пластинки; оно должно или оставаться въ послѣдней, или возвращаться какимъ-либо инымъ путемъ въ первую пластинку. Опытъ показываетъ, что послѣднее предположеніе правильно; электричество возвращается черезъ жидкость, въ которую погружены пластинки. При ближайшемъ разсмотрѣніи оказывается, что эта жидкость обладаетъ такими же свойствами, какъ и проволока.

Затѣмъ, какъ уже было указано выше, силы, дѣйствующія на магнитную стрѣлку, вполне опредѣляются скоростью теченія электричества по проволоцѣ отъ одной пластинки къ другой, формой проволоки и ея положеніемъ относительно стрѣлки. Но электричество можно перенести отъ одной пластинки къ другой, не соединяя ихъ проволокой; для этого нужно рядъ тѣлъ привести въ соприкосновеніе сначала съ одной пластинкой, затѣмъ съ другой. Если эти тѣла малы и движутся отъ одной пластинки къ другой по пути, который ранѣе занимала проволока, и если количество электричества, передаваемое въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени этими тѣлами отъ одной пластинки къ другой, равняется количеству электричества, протекающему въ теченіе такого же промежутка времени по проволоцѣ, то движущіяся тѣла по отношенію къ току электричества, текущему по данному пути, аналогичны проволоцѣ. Если наша теорія тожества вольтаическаго электричества и электричества тренія правильна, то движущіяся тѣла должны дѣйствовать на магнитную стрѣлку съ тѣми же силами, что и эквивалентная имъ проволока. Если бы это было не такъ, то это значило бы, что силы, дѣйствующія на магнитную стрѣлку, опредѣляются величинами, отличными отъ электрическихъ величинъ, и вольтаическое электричество и электричество тренія не одно и то же. Фактически такіе опыты показали, что оба указанные метода переноса электричества эквивалентны. Это заключеніе сыграло большую роль въ дѣлѣ современнаго развитія теоріи электричества.

Читателя можетъ смутить одно обстоятельство, оставшееся не выясненнымъ; тожество электричества тренія и вольтаиче-

скаго электричества мы установили внѣ всякаго отношенія къ тому факту, что наша теорія электричества тренія предпологаетъ существованіе двухъ родовъ электрическихъ жидкостей. Съ которой же жидкостью тождественно вольтаическое электричество? Разсмотрѣнныя до сихъ поръ явленія не даютъ никакого отвѣта на этотъ вопросъ. Но сейчасъ бессмысленно спрашивать, заключается ли электрическій токъ, получающійся при соединеніи проволокой положительно заряженнаго тѣла А съ отрицательно заряженнымъ тѣломъ В, въ переходѣ положительнаго электричества отъ А къ В, или въ переходѣ отрицательнаго электричества отъ В къ А, или въ обоихъ явленіяхъ одновременно. Дѣйствительно, выраженіе „токъ электричества“ имѣетъ смыслъ только тогда, когда принята теорія электричества, развитая настолько, что уже не оказывается возможнымъ различить оба рода потоковъ, и не оказывается явленій, которыя съ большимъ правомъ можно было бы приписать потерѣ положительнаго электричества, а не прибыли отрицательнаго. Теорія, дѣйствительно, намекаетъ на возможность открытія подобныхъ явленій, и эти явленія открыты, но разсмотрѣніе ихъ лежитъ за предѣлами нашихъ задачъ.

22. *Теорія Ампера.*—Законы, изложенные въ § 14, не заключаютъ въ себѣ всей совокупности нашихъ свѣдѣній о дѣйствіяхъ тока электричества. Каждый изъ этихъ законовъ подвергался дальнѣйшему изученію: результатовъ этихъ изслѣдованій мы сейчасъ не будемъ разсматривать, за исключеніемъ одного. Нагрѣваніе проволоки является вопросомъ громадной технической важности, но изученіе этого вопроса не имѣетъ теоретическаго интереса. Изученіе химическихъ измѣненій—растворенія цинка и выдѣленія водорода—привело къ новой научной отрасли, повліявшей и на химию, и на физику, но относящіяся сюда вопросы лежатъ за предѣлами этого сочиненія. Мы не можемъ, однако, не удѣлить нѣсколько больше вниманія дѣйствию электрическаго тока на магнитную стрѣлку.

Отклоненіе магнитной стрѣлки вызывается не только токомъ, текущимъ по проволокѣ; она отклоняется, какъ извѣстно, также при приближеніи къ ней другого магнита. Изученіе зависимости между отклоненіемъ магнитной стрѣлки, формой проволоки, обѣгаемой токомъ, и величиной тока, текущаго по проволокѣ, привело Ампера къ установленію правилъ, позволяющихъ опредѣлить форму магнита, эквива-

лентнаго данному круговому току по отношенію къ его дѣйствіямъ на магнитную стрѣлку. Онъ нашель, что форма такого магнита вполнѣ опредѣляется видомъ проволоки и величиною тока въ ней. Но если два круговые тока эквивалентны по отношенію къ ихъ дѣйствіямъ на магнитную стрѣлку двумъ магнитамъ, то они должны быть эквивалентны послѣдимъ и въ смыслѣ ихъ взаимнаго дѣйствія, т. е. они должны, подобно двумъ магнитамъ, дѣйствовать другъ на друга съ опредѣленными силами. Дѣйствительно, оказалось, что во всѣхъ отношеніяхъ круговой токъ эквивалентенъ нѣкоторому магниту, и наоборотъ. Большое число страницъ въ учебникахъ физики, предназначенныхъ для студентовъ, занято изложеніемъ правилъ Ампера и приложеніемъ ихъ къ опредѣленію въ различныхъ случаяхъ, важныхъ для техники или для теоріи, силъ, дѣйствующихъ между магнитами и круговыми токами или между двумя круговыми токами.

23. *Ученіе объ энергіи.*— Разсмотримъ теперь интересующіе насъ вопросы съ иной точки зрѣнія. Когда концы проволоки присоединены къ пластинкамъ элемента, и по ней течетъ токъ, то магнитъ, находящійся вблизи проволоки, стремится перемѣститься. Является вопросъ: а существуетъ ли обратное дѣйствіе, появляется ли въ проводкѣ токъ, когда около нея движется магнитъ? Чтобы гонять, что подразумѣвается подъ „обратнымъ“ дѣйствіемъ, и почему слѣдуетъ его ожидать, мы должны, хотя бы весьма кратко и не полно, очертить главные пункты ученія объ энергіи.

При разсмотрѣніи измѣненій, происходящихъ въ совокупности какихъ-либо тѣлъ, обычно оказывается, что измѣненіе въ одномъ тѣлѣ сопровождается измѣненіемъ въ какомъ-либо другомъ тѣлѣ. Въ разсмотрѣнномъ нами случаѣ измѣненіе въ положеніи магнита совершается только тогда, когда происходитъ измѣненіе съ цинкомъ элемента и, наоборотъ, измѣненіе, происходящее съ цинкомъ, не можетъ не сопровождаться измѣненіемъ въ положеніи магнита. Каждое изъ такихъ связанныхъ между собою измѣненій, послѣ соответственнаго изученія, можетъ употребляться для опредѣленія различныхъ измѣримыхъ величинъ. Эти величины таковы, что значеніе одной изъ нихъ не можетъ измѣняться безъ измѣненія значенія другой. Легко выбрать опредѣленія величинъ такъ, чтобы при возрастаніи величины, опредѣляемой однимъ изъ связанныхъ измѣненій, величина, опредѣляемая другимъ измѣненіемъ, уменьшалась. Далѣе—это обсто-

тельность очень важно—мы можем легко выбрать изъ числа этихъ связанныхъ величинъ пару такихъ, что возрастаніе величины, опредѣляемой однимъ измѣненіемъ, равняется уменьшенію величины, опредѣляемой другимъ измѣненіемъ. Всѣ такія величины называются „энергіей“. Изъ этого опредѣленія энергіи слѣдуетъ, что сумма значеній энергіи для всѣхъ тѣлъ системы всегда одна и та же, такъ какъ возрастаніе энергіи въ одномъ тѣлѣ необходимо сопровождается равнымъ убываніемъ энергіи въ другомъ тѣлѣ. Говорить, какъ это часто дѣлается, что „энергія не исчезаетъ“, значитъ говорить лишнія слова: важно то, что существуютъ такія величины, какъ „энергія“.

Но если такія величины, какъ энергія, существуютъ, то непосредственно ясно, что при обращеніи направленія одного изъ сопряженныхъ измѣненій, направленіе другого измѣненія также должно измѣниться на обратное. А такъ какъ однимъ изъ первыхъ членовъ символа вѣры физика является утвержденіе, что для всѣхъ измѣненій возможно опредѣлить величину, обладающую свойствами энергіи,—мы не можемъ здѣсь заниматься обоснованіемъ этой вѣры,—то физикъ во всякомъ случаѣ непременно ищетъ „обратнаго“ измѣненія. Если измѣненіе тѣла отъ A до A' производитъ измѣненіе другого тѣла отъ B до B' , то физикъ ожидаетъ, что если при нѣкоторыхъ условіяхъ второе тѣло претерпитъ измѣненіе изъ состоянія B' въ B , то въ то же время первое тѣло вернется изъ состоянія A' въ A ¹⁾.

24. *Индукція токовъ.*—Въ разсматриваемомъ случаѣ легко создать нужныя условія, и результаты при этомъ получаются тѣ самые, которыхъ заставляетъ ждать ученіе объ

¹⁾ Оговорка „при нѣкоторыхъ условіяхъ“ имѣетъ большое значеніе, такъ какъ можетъ легко случиться, и случается въ дѣйствительности, что обращеніе состоянія второго тѣла изъ B' въ B сопровождается измѣненіемъ состоянія нѣкотораго третьяго тѣла, не претерпѣвшаго никакихъ измѣненій при первоначальныхъ измѣненіяхъ изъ A въ A' и изъ B въ B' . Въ подобномъ случаѣ ученіе объ энергіи не позволяетъ ожидать, что измѣненіе отъ B' до B будетъ сопровождаться измѣненіемъ отъ A' до A , такъ какъ здѣсь сопряженное измѣненіе энергіи происходитъ съ третьимъ тѣломъ. Но если можно создать такія условія, при которыхъ измѣненіе изъ B' въ B сопровождается измѣненіемъ состоянія одного только перваго тѣла, то это измѣненіе должно сопровождаться послѣднимъ и именно переходомъ изъ состоянія A' въ состояніе A .

энергіи. Возьмемъ проволочную петлю и помѣстимъ вблизи нея магнитную стрѣлку, свободно подвѣшенную такъ, чтобы ось ея была параллельна направленію проволоки въ этомъ мѣстѣ. Разрѣжемъ теперь проволоку и соединимъ концы ея съ двумя пластинками вольтаическаго элемента. Токъ течетъ по проволокѣ, и стрѣлка устанавливается такъ, что ея ось становится перпендикулярной къ направленію проволоки. Послѣ этого отдѣлимъ концы проволоки отъ пластинокъ элемента и вновь ихъ соединимъ. Произошли два измѣненія: нѣкоторый токъ прошелъ по проволокѣ, и стрѣлка измѣнила свое положеніе. Ученіе объ энергіи приводитъ насъ къ заключенію, что, если при подходящихъ условіяхъ мы возвратимъ стрѣлку въ ея начальное положеніе, то этимъ вызовемъ токъ, проходящій по проволокѣ въ обратномъ направленіи. Подходящія условія легко могутъ быть достигнуты; слѣдуетъ лишь повернуть стрѣлку назадъ рукою, и мы обнаружимъ токъ въ проволокѣ, текущій въ обратномъ направленіи. Однако, при такихъ условіяхъ мы ничего не можемъ сказать объ истинной природѣ тока, текущаго по проволокѣ при движеніи магнитной стрѣлки. Болѣе точное изученіе дѣйствія тока въ стрѣлку позволяетъ намъ приблизиться къ этимъ выводамъ. Оказалось, что опредѣленное измѣненіе положенія стрѣлки даетъ опредѣленное количество электричества, проходящее по замкнутой проволокѣ. Величина этого тока и періодъ его существованія зависятъ отъ природы проволоки и прочихъ обстоятельствъ, но пока стрѣлка колеблется между опредѣленными положеніями, а проволока находится на одномъ мѣстѣ, по послѣдней протекаетъ одно и то же количество электричества. Если магнитъ перемѣщается изъ одного положенія въ другое, то токъ въ проволокѣ сейчасъ же прекращается; поддерживая непрерывнымъ движеніе магнита, можно сдѣлать токъ въ проволокѣ непрерывнымъ.

Это и есть то „обратное“ измѣненіе, котораго мы ожидали. Оно имѣетъ громадное техническое значеніе, такъ какъ динамо-машины представляютъ собою въ существѣ проволочные витки, около которыхъ движутся магниты, поддерживая токъ въ виткахъ постояннымъ. Насъ зѣбъ болѣе интересуютъ, однако, другія стороны этихъ явленій.

У читателя можетъ возникнуть вопросъ: зависитъ ли это явленіе отъ факта движенія магнитной стрѣлки или отъ того, что движеніе этой стрѣлки измѣняетъ силу дѣйствія

этой стрѣлки на магнитъ, каковымъ является токъ въ проволоку? Отвѣтъ на этотъ вопросъ можно получить, замѣнивъ магнитную стрѣлку круговымъ токомъ, ей эквивалентнымъ. Въ такомъ случаѣ мы имѣемъ возможность пзмѣнять силу дѣйствія этого магнита на проволочную петлю, передвигая токъ или мѣняя его силу. Какъ и слѣдовало ожидать, мы находимъ, что оба процесса вызываютъ временный токъ въ проволочной петлѣ. Дальнѣйшее изслѣдованіе показало, что количество электричества, протекающее въ проволоку за время существованія этого тока, опредѣляется исключительно измѣненіемъ магнитной силы дѣйствія магнита на проволоку, а способъ измѣненія почти не играетъ роли.

25. *Электрическая инерція.*—Мы приходимъ, такимъ образомъ, къ замѣчательному выводу: измѣняя токъ въ круговомъ проводѣ, можно вызвать токъ въ сосѣднемъ круговомъ проводѣ. Это явленіе технически обозначается названіемъ „индукція токовъ“. Сейчасъ же появляется другой вопросъ: если измѣненіе тока въ одномъ круговомъ проводникѣ вызываетъ измѣненіе тока въ сосѣднемъ проводникѣ, то не можетъ ли при этомъ возникать измѣненіе въ начальномъ проводникѣ? Это предположеніе, что измѣненіе тока въ проводникѣ должно вызвать токъ въ томъ же самомъ проводникѣ, кажется труднымъ и мало осмысленнымъ. Но слѣдуетъ вспомнить, что вліяніе измѣненія тока можетъ выразиться лишь въ возникновеніи временного тока, заключающагося въ прохожденіи опредѣленнаго количества электричества по проводнику. Это явленіе можетъ измѣнять токъ, текущій по проводнику, только на короткій промежутокъ времени послѣ того, какъ совершилось измѣненіе. Дальнѣйшее размышленіе приводитъ насъ къ заключенію, что, если измѣненіе тока въ проводникѣ индуктируетъ въ немъ измѣненія такого же рода, какъ въ другихъ проводникахъ, мы должны найти, что измѣненіе тока (напримѣръ, разрывъ проволоки, приводящій къ прекращенію тока) не происходитъ мгновенно въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени, необходимаго для прохожденія по проводнику индуктированнаго количества электричества. За этотъ промежутокъ времени токъ постепенно измѣняется, приспособляясь отъ старыхъ условій къ новымъ. Это явленіе, дѣйствительно, можетъ быть наблюдено. Если внезапно отнять проволоку отъ пластинъ и соединить ея концы, то послѣ опредѣленнаго промежутка времени никакого тока въ проволоку не оказывается. Но

если опыты производить быстро, слѣдя за отниманіемъ, то мы найдемъ, что токъ прекращается не внезапно, но въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени, величина котораго зависитъ отъ формы, матеріала проволоки т. д., при чемъ токъ постепенно падаетъ отъ начальнаго его значенія до нуля. Можно замѣтить, что существованіе такихъ явленій предсказывается нашей теоріей электричества безъ специальной связи съ магнитными явленіями и ученіемъ объ энергіи. Оно предсказывается уже тѣмъ фактомъ, что для объясненія нѣкоторыхъ законовъ мы прибѣгали къ аналогіи съ жидкостью. Мы можемъ поэтому явленія, происходящія при соединеніи проволокой пластинъ voltaического элемента, уподобить теченію воды по замкнутому каналу подѣ дѣйствіемъ насоса (являющагося аналогіей элемента), расположеннаго въ одной точкѣ канала. Если насосъ прекращаетъ работу, токъ воды прекращается не внезапно,—онъ ослабѣваетъ постепенно до нуля.

Это свойство воды мы имѣемъ въ виду, говоря, что она обладаетъ инерціей, и мы пользуемся имъ для опредѣленія весьма важной величины, называемой „массой“ воды. Аналогично, при отдѣленіи проволоки отъ элемента токъ электричества долженъ прекращаться не внезапно, но постепенно, и, какъ мы видѣли, это подтверждается на практикѣ. Этотъ результатъ мы можемъ интерпретировать—вспоминая, однако, все, что было сказано объ осторожности, необходимой при интерпретаціи положеній, заключающихся въ теоріи—говоря, что электричество обладаетъ инерціей, и такъ мы можемъ попытаться опредѣлить и „массу электричества“.

Къ несчастью, наши попытки въ этомъ направленіи не могутъ увѣнчаться успѣхомъ. Мы не можемъ опредѣлить, какъ въ случаѣ воды, такой величины, которая зависитъ только отъ количества электричества, текущаго по проводнику, и не зависитъ отъ какихъ-либо другихъ обстоятельствъ. Мы можемъ опредѣлить величину въ нѣкоторыхъ важныхъ пертахъ, сходную съ массой воды, но зависящую отъ вида проволоки и ея расположенія относительно другихъ проволокъ. Во всякомъ случаѣ, понятіе объ инерціи электрическаго тока играетъ очень важную роль, и мы будемъ пользоваться имъ при дальнѣйшемъ развитіи теоріи.

26. *Заключеніе.*—Этимъ заключеніемъ нашъ обзоръ „теоріи электрическихъ жидкостей“ заканчивается. Мы нашли, что законы, изложенные выше, могутъ быть объяснены, въ

общихъ чертахъ, по крайней мѣрѣ, дѣйствиємъ двухъ жидкостей, обладающихъ двумя различными рядами свойствъ. Первый рядъ свойствъ необходимъ для объясненія законовъ электростатики, второй—для объясненія законовъ электромагнетизма—такъ называется вѣтвь науки, посвященная явленіямъ, только что нами разсмотрѣннымъ. Мы видѣли, что для объясненія каждаго новаго закона теоретической жидкости приходится приписывать новое свойство. Но мы замѣтили, что въ то же самое время не всѣ выводы по аналогіи справедливы, и нельзя ихъ принимать безъ опытной провѣрки.

Теперь теорія закончена. Безполезно было бы приписывать электрическимъ жидкостямъ еще какія-либо свойства, чтобы заставить теорію объяснить еще дальнѣйшіе законы, такъ какъ эти свойства окажутся несомѣстимыми съ уже разсмотрѣнными. Современное развитіе электрической теоріи удерживаетъ нѣкоторыя черты теоріи жидкостей и отбрасываетъ остальные. Мы его не будемъ разсматривать въ этомъ томѣ и потому можемъ теперь перейти къ разсмотрѣнію теоріи, совершенно отличной по своей природѣ отъ теоріи жидкостей. Эта теорія была предложена въ замѣну теоріи жидкостей, но позже вмѣстѣ съ ней дала новую теорію, установившуюся за послѣдніе годы. Эта теорія нераздѣльно связана съ именемъ Фарадѣя.

Г Л А В А IV.

Теорія Фарадѣя.

27. *Дальнодѣйствіе и близкодѣйствіе.*—Теорія Фарадѣя противоположна теоріи жидкостей въ томъ смыслѣ, что послѣдняя есть теорія „дѣйствія на разстояніи“, тогда какъ теорія Фарадѣя имѣетъ въ виду „дѣйствіе при посредствѣ среды“. Эти двѣ фразы давали поводъ къ безконечнымъ спорамъ; философы, любители и профессионалы, старались выяснить преимущество одной теоріи передъ другой помощью чисто трансцендентныхъ аргументовъ. Согласно нашему взгляду на смыслъ теорій, всѣ такіе аргументы для науки не имѣютъ значенія. Если одна теорія предпочитается другой, то только потому, что она объясняетъ законы, которые не можетъ объяснить отвергаемая теорія. Иначе говоря,

теорія можетъ быть отвергнута и замѣнена другою на основаніи опытовъ. Но какіе же опыты могутъ помочь намъ сдѣлать выборъ между теоріями въ разсматриваемомъ случаѣ? Разсмотримъ примѣръ такого опыта.

Общепринято, что дѣйствіе тяготѣнія является наиболѣе характернымъ примѣромъ дальнокдѣйствія. Наоборотъ, дѣйствіе локомотива на вагонъ есть близкодѣйствіе. Небольшое размышленіе указываетъ намъ, какіе факты лежатъ въ основѣ этого различенія. Сила тяготѣнія, дѣйствующая на тѣло В со стороны тѣла А, зависитъ только отъ свойствъ этихъ двухъ тѣлъ и ихъ относительнаго положенія; она не зависитъ отъ свойствъ какого-либо третьяго тѣла, въ частности, отъ свойствъ тѣлъ, лежащихъ между А и В. Съ другой стороны, дѣйствіе локомотива на вагонъ зависитъ не только отъ свойствъ этихъ двухъ тѣлъ, но также и отъ свойствъ тѣлъ, расположенныхъ между ними: если удалить связи, то дѣйствіе прекратится. Теорія „дальнокдѣйствія“ предполагаетъ, что дѣйствіе между двумя тѣлами независимо отъ свойствъ какого-либо третьяго тѣла, тогда какъ теорія „близкодѣйствія“ предполагаетъ, что это дѣйствіе зависитъ отъ свойствъ тѣлъ, расположенныхъ между взаимодействующими тѣлами.

28. *Открытіе Фарадэя.*—Теорія тяготѣнія была сильно развита раньше, чѣмъ получила окончательное развитіе теорія электрическихъ жидкостей. Когда было обнаружено, что соотношеніе между силой взаимодействія двухъ наэлектризованныхъ тѣлъ и разстояніемъ между ними чрезвычайно сходно съ соотношеніемъ между силой притяженія двухъ тѣлъ и разстояніемъ между ними, то появилось естественное стремленіе уподобить во всѣхъ отношеніяхъ силы электрическаго взаимодействія и силы тяготѣнія. Въ частности, безъ всякихъ опытовъ, было рѣшено, что электрическое взаимодействие между заряженными тѣлами не зависитъ отъ рода среды, раздѣляющей эти тѣла, если только, конечно, эта среда не является проводящей и потому не вызываетъ смѣшенія зарядовъ и ихъ нейтрализаціи. Фарадэй, какъ кажется, первый усумнился въ этомъ предположеніи и рѣшилъ повѣрить его опытами. Онъ бралъ два заряженныхъ тѣла и изслѣдовалъ силу ихъ взаимодействія, когда они были раздѣлены воздухомъ, и когда пространство, ихъ раздѣлявшее, было заполнено сѣрой или другими непроводниками. Онъ нашелъ, что сила взаимодействія измѣнялась въ при-

сутствіи сѣры, и потому заключилъ, что электрическое дѣйствіе не можетъ представлять собою дальнѣйства.

Фарадэй полагалъ, что это открытіе несовмѣстимо съ теоріей электрическихъ жидкостей, и въ этомъ онъ ошибался. Рѣшающіе опыты, сразу позволяющіе сдѣлать выборъ между теоріями, подобно „правиламъ индукціи“ и многимъ другимъ вещамъ, представляютъ собою мпѣи, существующіе только въ воображеніи философовъ, совершенно не знакомыхъ съ наукою. Всякій экспериментальный результатъ можетъ быть связанъ съ любой теоріей, если только сдѣлать достаточное число вспомогательныхъ предположеній. Вопросъ заключается только въ справедливости этихъ предположеній. Въ нашемъ случаѣ дополнительныя предположенія, позволяющія связать открытіе Фарадэя съ теоріей электрическихъ жидкостей, настолько просты и очевидны, что не многіе рѣшились бы возставать противъ нихъ. Мы видѣли, что притяженіе незаряженнаго тѣла заряженнымъ наша теорія объясняетъ предположеніемъ, что подъ вліяніемъ заряда противоположныя электричества въ незаряженномъ тѣлѣ раздѣляются, занимая двѣ части этого тѣла. Если между двумя заряженными тѣлами А и В помѣститъ пластинку сѣры, то распределеніе электричествъ въ послѣдней измѣняется. Прежде на В дѣйствовала только сила, связанная съ тѣломъ А: когда же появилась пластинка сѣры, на В, кромѣ этой силы, дѣйствуетъ еще сила, зависящая отъ электричествъ сѣры, которыя, раздѣлившись, взаимно не компенсируются. Различіе между сѣрой и воздухомъ можно свести къ различію въ количествахъ противоположныхъ электричествъ, содержащихся въ этихъ веществахъ, или къ различію въ раздѣленіи этихъ электричествъ подъ вліяніемъ внѣшняго заряда. Фактически это объясненіе вполне удовлетворительно, и всѣ явленія, связанныя съ замѣной промежуточной среды другою, могутъ быть выведены изъ теоріи электрическихъ жидкостей, принимающей, что силы взаимодѣйствія двухъ зарядовъ зависятъ только отъ ихъ величины и разстоянія между ними.

29. *Теорія Фарадэя.*—Разсматривая случаи, подобные этому, необходимо помнить артистическія и логическія особенности теорій. Если бы Фарадэй—величайшій и гениальнѣйшій физикъ всѣхъ временъ—попытался поддержать теорію электрическихъ жидкостей, онъ первый убѣдился бы въ возможности объясненія, указаннаго выше. Но онъ не сдѣ-

лалъ этой попытки. Теорія электрическихъ жидкостей никогда не удовлетворяла его артистическому чувству, открытые же имъ факты ободрили его въ исканіи иной теоріи и указали ему для этого нѣкоторыя данныя. Онъ сталъ предполагать, что различіе между заряженнымъ и незаряженнымъ тѣлами аналогично не присоединенію къ незаряженному тѣлу какой-либо субстанціи, но измѣненію свойствъ среды, окружающей тѣло.

Принятая Фарадѣемъ аналогія подтверждалась видомъ желѣзныхъ опилочныхъ массъ вблизи магнита. Если надъ плоскимъ магнитомъ помѣстить горизонтально кусокъ картона и разбросать по нему желѣзныя опилки, то послѣднія располагаются въ ряды кривыхъ линій, идущихъ отъ одного полюса магнита къ другому. Если полюсы, принадлежащіе одному магниту, замѣнить двумя одноименными полюсами, принадлежащими двумъ различнымъ магнитамъ (эти два полюса, какъ извѣстно, взаимно отталкиваются), то опилки опять распредѣляются въ ряды кривыхъ линій, но эти линіи, начинаясь у одного какого-либо полюса, не доходятъ до другого полюса и не пересѣкаютъ линій, начинающихся у другого полюса. Законы взаимнаго притяженія и отталкиванія магнитныхъ полюсовъ тождественны съ законами взаимодѣйствія электрическихъ зарядовъ, и измѣнивъ немного опытъ замѣною желѣзныхъ опилокъ смѣсью сѣры и сурика, можно получить такія же линіи между двумя электрическими зарядами. Форма этихъ линій опредѣляется слѣдующимъ условіемъ: небольшое заряженное тѣло, помѣщенное въ нѣкоторой точкѣ одной изъ такихъ линій, движется вдоль этой линіи, пока не достигнетъ противоположнаго заряда или не оойдетъ на большое разстояніе.

Рисунокъ, даваемый желѣзными опилками въ случаѣ притяженія двухъ разноименныхъ полюсовъ, внушилъ Фарадѣю мысль, что это притяженіе можетъ быть объяснено, если представить себѣ, вмѣсто линій, образуемыхъ опилками, натянутыя упругія нити. Стремленіе послѣднихъ сократиться и обусловливаетъ взаимное притяженіе полюсовъ. Чтобы объяснить ихъ искривленную форму, Фарадэй предположилъ кромѣ того, что каждая нить, стремясь сократиться въ направленіи своей длины, въ то же самое время стремится оттолкнуть сосѣднюю нить. Это добавочное свойство линій объясняло отталкиваніе одноименныхъ полюсовъ. Эта идея легла въ основу теоріи Фарадэя. Онъ представилъ себѣ,

что электрическія вряженія и отталкиванія обусловливаются наличностью этихъ линій и линій силъ, какъ онъ ихъ назвалъ. Заряженное тѣло имѣетъ на себѣ концы силовыхъ линій, и тѣла, заряженные противоположными электричествами, имѣютъ на себѣ противоположные концы этихъ линій. Различіе между заряженнымъ и незаряженнымъ тѣлами, по этой теоріи, заключается не въ различіи самыхъ тѣлъ, но въ присутствіи силовыхъ линій, связывающихъ тѣла съ другими тѣлами. Теорія дальнодѣйствія замѣняется у Фарадѣя теоріей близкодѣйствія.

30. *Свойства силовыхъ линій.*—Теорія Фарадѣя можетъ быть развита въ той же послѣдовательности, что и старая теорія. Первымъ шагомъ является опредѣленіе измѣримыхъ величинъ. Старая теорія предполагала возможность измѣренія „количества электричества“ или „давленія электричества“. Теорія Фарадѣя считаетъ измѣримыми „число силовыхъ линій“ и „натяженіе вдоль силовыхъ линій“ или „отталкиваніе между ними“. Такъ какъ оба ряда величинъ опредѣляются относительно однихъ и тѣхъ же наблюденій, между ними должна быть связь. Фактически найдено, что „число силовыхъ линій“ пропорціонально „количеству электричества“, соотношеніе между „натяженіемъ силовыхъ линій“ и „электрическимъ потенциаломъ“ болѣе сложно. Теорія предполагаетъ, что натяженіе вдоль нѣкоторой силовой линіи должно быть независимо отъ наличности другихъ линій, но зависитъ отъ ихъ длины. Къ несчастью, это предположеніе ложно (какъ и предположеніе о „массѣ электричества“), такъ какъ натяженіе вдоль силовой линіи не зависитъ отъ ея длины, но зависитъ отъ числа окружающихъ ее другихъ линій.

Слѣдуетъ замѣтить, что, принявъ новую теорію, мы оказываемся почти совершенно не въ состояніи дать какой-либо отвѣтъ на вопросъ „что такое электричество?“, такъ какъ эта теорія совершенно не пользуется понятіемъ электричества. Вопросъ предполагаетъ возможность отвѣта, что электричество есть та субстанція, которая находится въ тѣлѣ, обладающемъ опредѣленными свойствами, за которыя его называютъ „наэлектризованнымъ“; теорія же Фарадѣя отвергаетъ возможность такого отвѣта. Требовать отъ теоріи Фарадѣя отвѣта на этотъ вопросъ столь же умно, какъ спрашивать лицо, предполагающее, что Земля плоска, (мы допускаемъ, что это лицо достаточно разумно, чтобы отвѣчать вообще на вопросы), о величинѣ радіуса кривизны земли.

Теорія Фарадэя стремится объяснить притяженіе разряженных тѣлъ натяженіями и давленіями силовыхъ линій, связывающихъ эти тѣла. Измѣненіе силы притяженія и отталкиванія, въ зависимости отъ измѣненія природы среды, раздѣляющей тѣла, приписывается этой теоріей измѣненію свойствъ силовыхъ линій при измѣненіи рода среды, въ которой онѣ проходятъ. Натяженіе силовыхъ линій измѣняется въ зависимости отъ рода не-проводника, въ которомъ онѣ проходятъ; напримѣръ, въ сѣрѣ натяженіе ихъ меньше, чѣмъ въ воздухѣ. Въ проводникѣ силовыя линіи не могутъ существовать вовсе; въ такомъ тѣлѣ концы силовыхъ линій могутъ свободно передвигаться, тогда какъ въ не-проводникѣ концы силовыхъ линій закрѣплены. Поэтому въ проводникѣ подъ вліяніемъ натяженія силовыхъ линій ихъ концы сближаются, а линіи исчезаютъ.

31. Теорія Фарадэя и электромагнетизмъ. — Процессъ стягиванія силовыхъ линій и ихъ конечнаго исчезновенія въ веществѣ проводника соотвѣтствуетъ въ новой теоріи тому, что въ старой теоріи называлось переходомъ электричества черезъ проводникъ. Соотвѣтственно, съ этимъ процессомъ должны связываться нагрѣваніе проводника и отклоненіе магнитной стрѣлки. За время процесса исчезновенія часть линій, сначала находившихся внѣ проводника, движется подъ прямымъ угломъ къ ихъ направленію, такъ какъ давленіе съ боковъ ослабѣваетъ вслѣдствіе исчезновенія сосѣднихъ линій. Разсмотрѣніе величины магнитнаго эффекта при различныхъ условіяхъ исчезновенія силовыхъ линій—съ перемѣщеніемъ подъ прямымъ угломъ къ ихъ направленію и безъ него—показываетъ, что только при наличности этого перемѣщенія происходитъ отклоненіе магнитной стрѣлки. Если же концы силовыхъ линій сближаются такимъ образомъ, что линія, какъ цѣлое, не движется ни въ какомъ направленіи, кромѣ направленія ея длины, магнитный эффектъ не имѣетъ мѣста. Слѣдуетъ имѣть въ виду, что это заключеніе можно вывести изъ разсмотрѣнія величины энергіи, основываясь на томъ указанномъ выше фактѣ, что натяженіе силовой линіи не должно измѣняться съ измѣненіемъ ея длины.

Такимъ образомъ, магнитный эффектъ, первоначально приписывавшійся электрическому току, теперь слѣдуетъ приписывать движенію силовыхъ линій въ направленіи, перпендикулярномъ къ направленію ихъ длины. Тѣ же соображенія,

Которыя заставили насъ выше предположить, что электричество обладаетъ инерціей, теперь заставляютъ насъ представлять себѣ, что силовыя линіи обладаютъ инерціей при ихъ движеніи въ направленіи, перпендикулярномъ къ ихъ длинѣ, но не обладаютъ ею при движеніи въ направленіи ихъ длины. Чрезвычайная важность этого заключенія вскорѣ выяснится.

32. *Эфиръ.*—Мы должны коснуться теперь труднаго вопроса, обсужденіе котораго приводило къ безчисленнымъ недоразумѣніямъ. Выше было сказано, что свойства силовыхъ линій слѣдуетъ считать зависящими отъ природы вещества, въ которомъ онѣ проходятъ. Но это обстоятельство побуждаетъ думать, что силовыя линіи сдѣланы изъ этого вещества, какъ волны состоятъ изъ воды. Иначе, какимъ образомъ измѣненіе вещества можетъ измѣнять свойства силовыхъ линій? По электрическое притяженіе имѣетъ мѣсто и въ томъ случаѣ, если между притягивающимися тѣлами нѣтъ никакого вещества, т. е. если они помѣщены въ наиболѣе совершенномъ вакуумѣ, какого мы можемъ достигнуть. Изъ какого же вещества въ этомъ случаѣ сдѣланы линіи силъ? Каждый, несомнѣнно, имѣетъ готовый отвѣтъ на этотъ вопросъ. Въ этомъ случаѣ, говорятъ обычно, силовыя линіи сдѣланы изъ „эфира—среды, заполняющей все пространство, чрезъ которое распространяется свѣтъ“. Такой отвѣтъ былъ данъ и Фарадэемъ; онъ имѣетъ очень большую важность, такъ какъ придаетъ вѣсь теоріямъ свѣта, пользующимся понятіемъ эфира. Я прошу читателя вспомнить то, что было сказано относительно утвержденія—„электричество есть вещество“, чтобы онъ могъ съ должной критикой отнестись къ утверженію, что „эфиръ есть субстанція“. Какъ „электричество“, такъ и „эфиръ“ суть понятія, даваемые теоріей, а не закономъ.

Разсмотримъ, однако, вопросъ нѣсколько ближе. Если силовыя линіи, проходящія чрезъ сѣру, сдѣланы изъ сѣры, то онѣ должны двигаться при движеніи всей массы сѣры. Но если силовыя линіи движутся, а ихъ концы закрѣплены, то должна мѣнять направленіе результирующая сила ихъ дѣйствія на тѣла, къ которымъ присоединены ихъ концы. Если всѣ линіи смѣщаются въ одну сторону, то и направленіе силы, дѣйствующей на оба тѣла, смѣщается въ эту сторону. Поэтому мы должны ожидать, что если два тѣла заряжены, и между ними находится широкій слой сѣры, то, при перемѣ-

щеніи сѣры, должно измѣниться направленіе силъ, дѣйствующихъ на тѣла. Однако, опыты показываютъ, что никакого измѣненія при этомъ не происходитъ (если только пластинка сѣры настолько велика, что можно не учитывать вліянія силовыхъ линій, распространяющихся внѣ ея). Мы должны, слѣдовательно, заключить, что силовыя линіи не передвигаются вмѣстѣ съ сѣрой, но остаются на своихъ мѣстахъ.

Это затрудненіе мы можемъ обойти, предположивъ, что силовыя линіи, хотя и сдѣланы изъ сѣры, но не всегда сдѣланы изъ этой же части сѣры, какъ водяныя волны не всегда сдѣланы изъ однѣхъ и тѣхъ же частицъ воды. Въ такомъ случаѣ сѣра можетъ двигаться и безъ того, чтобы силовыя линіи двигались вмѣстѣ съ нею. Однако, это предположеніе оказывается невозможнымъ. Дѣйствительно, мы имѣемъ еще иной путь для рѣшенія вопроса о томъ, движутся силовыя линіи, или нѣтъ. Мы видѣли, что силовыя линіи, движущіяся перпендикулярно къ ихъ направленію, производятъ отклоненіе магнита. Если эти линіи не движутся при перемѣщеніи сѣры, то при этомъ не должно наблюдаться отклоненіе магнитной стрѣлки. Но тонкіе опыты показали, что магнитныя силы возбуждаются при движеніи сѣры, даже если заряженныя тѣла, на которыхъ заканчиваются силовыя линіи, остаются неподвижными. Тогда какъ опыты надъ притяженіемъ указываютъ на неподвижность силовыхъ линій при движеніи сѣры, опыты надъ магнитными силами указываютъ на ихъ перемѣщеніе.

Для разрѣшенія этого противорѣчія теорія должна быть слегка измѣнена, и мы должны отчасти вернуться назадъ къ теоріи электрическихъ жидкостей. Эта теорія предполагаетъ, что заряженныя тѣла вліяютъ на сѣру, раздѣляя въ ней противоположныя электричества. Если бы удалось открыть вліяніе сѣры на притяженіе тѣлъ, его можно было бы приписать этому раздѣленію электричествъ. Но, согласно теоріи Фарадѣя, раздѣленіе электричествъ представляетъ собою развитіе силовыхъ линій между ними. Поэтому мы можемъ предположить, что силовыя линіи, соединяющія внѣшнія заряженныя тѣла, проходя чрезъ сѣру, вызываютъ въ ней развитіе новыхъ линій. Такъ какъ натяженіе вдоль силовой линіи зависитъ отъ числа силовыхъ линій, расположенныхъ вблизи нея, то новыя линіи будутъ измѣнять натяженіе вдоль начальныхъ линій т. е. взаимное притяженіе внѣшнихъ тѣлъ. Если сѣра движется, то новыя линіи движутся

вмѣстѣ съ гѣй и вызываютъ магнитныя силы. Но такъ какъ по мѣрѣ ихъ передвиженія развиваются новыя силовыя линіи, то натяженіе вдоль линій, заканчивающихся на внѣшнихъ тѣлахъ, остается неизмѣннымъ.

Съ этой точки зрѣнія нѣтъ необходимости предполагать, что силовыя линіи, проходящія чрезъ сѣру, „сдѣланы изъ сѣры“. Нѣтъ необходимости вообще предполагать, что онѣ сдѣланы изъ чего-либо. Силовыя линіи, соединяющія внѣшнія заряженные тѣла, остаются тѣми же самыми, чрезъ какое бы вещество онѣ ни проходили. Кажущееся различіе между силовыми линіями въ сѣрѣ и силовыми линіями въ воздухѣ зависитъ не отъ измѣненія ихъ свойствъ, но отъ различія въ числѣ окружающихъ ихъ вторичныхъ линій. Есть смыслъ говорить, что силовыя линіи сдѣланы изъ чего-либо, если мы можемъ представить себѣ, что онѣ сдѣланы изъ различныхъ веществъ; но силовыя линіи являются именно линіями силъ, не зависящими отъ окружающей среды, и больше ничего о нихъ мы сказать не можемъ.

Но если силовыя линіи, проходящія чрезъ сѣру, не сдѣланы изъ сѣры, то нѣтъ необходимости представлять себѣ, въ случаѣ ихъ прохожденія чрезъ пустоту, что пустота заполнена субстанціей, изъ которой эти линіи сдѣланы. Иными словами, наша электрическая теорія не только не поддерживаетъ понятіе объ эфирѣ, но даже вовсе не нуждается въ такомъ понятіи. Мы не нуждаемся въ представленіи какой бы то ни было субстанціи, изъ которой сдѣланы силовыя линіи, когда заряженные тѣла сближаются, такъ какъ они влекутъ за собою силовыя линіи, уже существующія и неизмѣнныя.

Всѣ эти соображенія могутъ казаться не выдерживающими критики и ненужными, но въ дѣйствительности они очень важны. Дѣйствительно, пока мы представляемъ себѣ, что силовыя линіи, проходящія чрезъ сѣру, сдѣланы изъ сѣры, и линіи, проходящія чрезъ эфиръ, сдѣланы изъ ээира, тотъ фактъ, что движеніе сѣры безъ движенія наэлектризованныхъ тѣлъ вызываетъ магнитныя силы, заставляетъ насъ предполагать, что и движеніе ээира должно вызывать магнитныя силы. Съ перваго взгляда не ясно, что нужно понимать подъ „движеніемъ ээира“, но многіе физики за двадцать лѣтъ до нашего времени положили большое количество труда на устройство опытовъ, въ которыхъ ээиръ могъ бы перемѣщаться относительно заряженныхъ тѣлъ. Ихъ опыты

показали, что никакихъ магнитныхъ силъ при указанныхъ условіяхъ не получается. Эти результаты вызвали глубокое изумленіе и для объясненія отсутствія магнитныхъ силъ были предложены различныя гипотезы. Теперь мы знаемъ, что аналогія, изъ которой эти физики исходили, была совершенно ложна ¹⁾ Движеніе сѣры вызываетъ появленіе магнитныхъ силъ потому, что движутся вторичныя силовыя линіи, развивающіяся въ сѣрѣ. Въ пустотѣ такихъ линій нѣтъ, такъ какъ тамъ нѣтъ раздѣляющихся электричествъ. Съ этой точки зрѣнія отъ указанныхъ опытовъ и нельзя было ждать положительныхъ результатовъ. Аналогія была основана цѣликомъ на идеѣ необходимости для теоріи Фарадѣя существованія вездѣсущаго эѵира. Эѵиръ не необходимъ; необходимы только силовыя линіи, отнюдь не сдѣланныя изъ среды, по которой онѣ проходятъ.

33. *Электричество и оптика.*— Но какъ же быть со свѣтомъ? Понятіе объ эѵирѣ было впервые введено въ науку для объясненія оптическихъ явленій. Если же мы удержимъ эѵиръ для оптики, но исключимъ его изъ областей электрическихъ явленій, то какъ будто разрушатся надежды, связанные съ необходимостью эѵира какъ для электрическихъ, такъ и для оптическихъ явленій,—надежды установить связь между обѣими вѣтвями науки. Но, можетъ быть, мы можемъ и въ области оптическихъ явленій покинуть эѵиръ и объяснить ихъ также на основѣ понятія о линіяхъ силъ? Да, мы можемъ это сдѣлать: возможно дать объясненіе оптическимъ явленіямъ на основѣ свойствъ, присущихъ силовымъ линіямъ, совершенно такъ же, какъ мы объясняемъ явленія электрическихъ жидкостей. Такое объясненіе предлагаетъ знаменитая „электромагнитная теорія свѣта“, развитая Максвелломъ на основѣ идей Фарадѣя. До сихъ поръ мы не могли усмотрѣть въ теоріи Фарадѣя никакого преимущества надъ старой теоріей. Мы даже измѣнили ее нѣсколько, дабы привести въ большее согласіе со старой теоріей и, въ заключеніе, вновь ввели понятія, сброшенные нами въ § 24. Но теперь, наконецъ, мы извлекаемъ изъ нея выводы, которыхъ никогда не смогли бы получить на основѣ старой теоріи.

¹⁾ Конечно, я не хочу этимъ сказать, что ложная аналогія указываетъ на слабость тѣхъ, кто ею пользовался. Какъ я сказалъ выше, въ наукѣ весьма обычное явленіе составляетъ поздняя мудрость, и указанные мною доводы никому не были извѣстны, пока не стали извѣстны результаты, къ которымъ они приводятъ.

Разсмотримъ, какъ возможно существованіе электрической теоріи свѣта. Съ перваго взгляда кажется, что невозможно установить какую-либо связь между явленіями оптическими и электрическими, между тѣмъ фактомъ, что мы видимъ цвѣта и формы, и тѣмъ фактомъ, что два натертые куска стекла взаимно отталкиваются,—такъ какъ идеи, заключенныя въ этихъ двухъ положеніяхъ, крайне различны. Однако слѣдуетъ помнить, что мы должны ставить ее съ цѣлью установленія связи не между законами двухъ рядовъ явленій, но между теоріями, объясняющими эти законы. Не малая доля значенія теорій связана съ тѣми удобствами, которыя онѣ доставляютъ намъ, связывая совершенно различные законы. Два закона могутъ вовсе не содержать общаго элемента, а объясняющія ихъ теоріи могутъ заключать въ себѣ общіе элементы, позволяющіе установить искомую связь. Чтобы покончить съ этой задачей, мы первымъ дѣломъ должны изслѣдовать теоріи свѣта и электричества, въ надеждѣ найги достаточное количество общихъ понятій въ нихъ, дабы задача была разрѣшаема.

Теоріи свѣта, какъ и всѣ физическія теоріи, основаны на аналогіяхъ. Старѣйшая изъ важныхъ оптическихъ теорій—теорія Ньютона, какъ и старѣйшая теорія электричества, была основана на аналогіи съ переносомъ вещества. То измѣненіе въ нашихъ глазахъ, которое мы называемъ видѣніемъ свѣта, предполагалось зависящимъ отъ переноса изъ свѣтящагося тѣла въ глаза нѣкотораго вещества. Эта теорія оказалась несостоятельной; изъ нея вытекаетъ большое число невѣрныхъ законовъ и немногіе законы, оказывающіеся справедливыми. Эта теорія позже была совершенно вытѣснена теоріей Гюйгенса, Юнга и Френеля, основанной на аналогіи съ волнами.

Волна представляетъ собою измѣненія, періодическія нъ обѣ стороны во времени и въ пространствѣ. Эти измѣненія таковы, что если мы фиксируемъ наше вниманіе на опредѣленной точкѣ пространства, то въ ней будемъ наблюдать регулярную послѣдовательность измѣненій, совершающихся въ регулярные промежутки времени; если же обнимемъ взглядомъ все колеблющееся пространство въ опредѣленный моментъ времени, то увидимъ регулярный рядъ измѣненій, повторяющихся на опредѣленныхъ разстояніяхъ. Наиболѣе извѣстной формой волнъ являются морскія волны или волны, появляющіяся на спокойной водной поверхности,

когда въ воду брошенъ камень. Всякая данная система простыхъ волнъ характеризуется тремя измѣримыми величинами: 1) интенсивностью, которая въ водяныхъ волнахъ опредѣляется разстояніемъ отъ гребня до впадины; 2) частотою, измѣряемою числомъ гребней, проходящихъ чрезъ данную точку въ теченіе даннаго промежутка времени; 3) скоростью, т. е. разстояніемъ, проходимымъ въ единицу времени даннымъ гребнемъ.

Итакъ, волновая теорія свѣта предполагаетъ, что свѣтъ состоитъ изъ такихъ волнъ; интенсивность ихъ опредѣляетъ яркость свѣта, частота—окраску свѣта, а скорость—путь, проходимый свѣтомъ. Если, какъ выше, мы представимъ эту теорію въ формѣ положенія и сопровождающаго его словаря, то получимъ слѣдующее.

Положеніе.—Свѣтъ состоитъ изъ волновыхъ возмущеній, распространяющихся въ прозрачной средѣ; частота даннаго возмущенія остается все время постоянной; скорость волны зависитъ отъ рода среды и частоты; въ средѣ А возмущеніе частоты ν распространяется со скоростью c (гдѣ А, ν , c —данныя опредѣленные понятія) и т. д., пока не будутъ перечислены всѣ скорости для всѣхъ длинъ волнъ во всѣхъ средахъ.

Словарь.—Когда мы говоримъ, что свѣтовое возмущеніе достигаетъ пространства, занятаго глазомъ, мы понимаемъ подъ этимъ, что видимъ свѣтъ. Когда мы говоримъ, что возмущеніе имѣетъ частоту ν , мы понимаемъ подъ этимъ, что мы видимъ цвѣтъ В и т. д.

Изъ этого положенія и словаря можно выводить законы, чтобы затѣмъ провѣрять ихъ на опытѣ. Оказалось, что согласіе нолучается почти всегда удовлетворительное. Теорія свѣта, вѣроятно, полнѣе разработана, чѣмъ какая-либо иная физическая теорія.

Такимъ образомъ, основнымъ въ теоріи свѣта является понятіе о волнахъ; если мы желаемъ имѣть электрическую теорію свѣта, мы должны показать, что это понятіе приложимо къ теоріи электричества. Съ перваго взгляда можетъ казаться очевиднымъ, что оно приложимо къ теоріи электрическихъ жидкостей, такъ какъ она оперируетъ съ субстанціей, до нѣкоторой степени сходной съ водой, по которой могутъ распространяться волны. Но, къ несчастью эта теорія не позволяетъ предполагать наличность электричества тамъ, гдѣ нѣтъ заряженныхъ тѣлъ или тѣлъ, могущихъ заряжаться;

по этой теоріи въ пустотѣ нѣтъ электричества, которое могло бы нести волны, а между тѣмъ волны свѣта распространяются и въ пустотѣ. Старая теорія электричества рассматриваетъ пустоту, какъ абсолютно лишенную чего-либо, и потому она не можетъ быть связана съ теоріей свѣта.

34. *Электромагнитная теорія свѣта.*—Съ другой стороны, теорія Фарадѣя не рассматриваетъ пустоту, какъ абсолютно лишенную чего-либо. По теоріи Фарадѣя пустота пронизывается силовыми линіями. Могутъ ли, однако, силовыя линіи передавать волны? Конечно, могутъ, хотя эти волны должны быть нѣсколько отличными отъ водяныхъ волнъ. Мы рассматриваемъ силовыя линіи, какъ натянутыя нити, обладающія опредѣленнымъ натяженіемъ вдоль ихъ длины и опредѣленной инерціей при движеніи въ направленіи, перпендикулярномъ къ ихъ длинѣ. Поскольку мы будемъ рассматривать ихъ движеніе въ этомъ именно направленіи, силовую линію можно вполне уподобить веревкѣ, натянутой между неподвижнымъ зажимомъ и рукой ¹⁾).

Если мы будемъ быстро двигать рукой въ обѣ стороны, перпендикулярно къ длинѣ веревки, то вдоль послѣдней побѣжитъ отчетливо замѣтная волна. Свойства, которыя мы приписываемъ силовымъ линіямъ, приводятъ къ заключенію, что волны могутъ распространяться вдоль нихъ. Остается рѣшить вопросъ о томъ, могутъ ли быть эти волны отождествлены съ волнами свѣта.

Мы приписали выше свѣтовымъ волнамъ только три свойства—интенсивность, частоту и скорость; если соотноше-

1) Употребленіе слова „вполнѣ“ въ этой фразѣ можно считать и допустимымъ, и недопустимымъ. Аналогія между веревками и силовыми линіями заключается въ себѣ нѣкоторые пункты, которые въ настоящее время нельзя поддерживать на основѣ опытовъ. Такъ веревки всѣ почти различныя между собою, и возмущеніе распространяется по веревкѣ всегда въ одномъ направленіи, не вызывая возмущеній въ другихъ направленіяхъ. Въ случаѣ же свѣта вѣроятно, что нельзя рассматривать каждую силовую линію отдѣльно, такъ какъ возмущеніе, возникшее въ нѣкоторой точкѣ, распространяется одинаково по всѣмъ направленіямъ. Наилучшей аналогіей распространенію возмущенія изъ источника свѣта является распространеніе волнъ, вызываемыхъ при паденіи камня въ прудъ; гораздо менѣе удачна аналогія съ распространеніемъ колебанія по веревкѣ, колеблемой съ одного ея конца. Тщательно разобрать этотъ вопросъ невозможно безъ ссылокъ на проблемы, представляющія въ настоящее время поводъ для оживленныхъ споровъ.

ніе между этими свойствами, вычисленное для волнъ, распространяющихся вдоль силовыхъ линій, всегда совпадаетъ съ соотношеніемъ, найденнымъ экспериментально для свѣтовыхъ волнъ, то ихъ отождествленіе является несомнѣнно правильнымъ. Скорость, съ которою волны должны распространяться вдоль силовыхъ линій, опредѣляется, какъ и въ случаѣ веревки, ихъ натяженіемъ и ихъ инерціей. Обѣ эти величины измѣняются съ измѣненіемъ среды, въ которой расположены силовыя линіи. Натяженіе силовыхъ линій можно измѣрить посредствомъ наблюденій надъ притяженіемъ двухъ тѣлъ, расположенныхъ въ средѣ, инерцію ихъ — посредствомъ наблюденій надъ явленіями, описанными въ § 25, происходящими при помѣщеніи проволоки въ средѣ. Такимъ образомъ для всякой среды можно опредѣлить величину скорости распространенія волнъ вдоль силовыхъ линій.

Сравнивая вытекающіе отсюда выводы съ опытомъ, мы находимъ въ однихъ случаяхъ согласіе, въ другихъ — разногласіе. Въ пустотѣ, въ воздухѣ и въ другихъ газахъ скорость распространенія волнъ вдоль силовыхъ линій очень точно совпадаетъ со скоростью распространенія свѣта. Съ другой стороны, наша теорія требуетъ одинаковой величины скорости распространенія волнъ всякихъ частотъ въ прозрачныхъ средахъ; въ дѣйствительности же скорость распространенія свѣта въ такихъ средахъ значительно измѣняется, въ зависимости отъ частотъ. Только при весьма малыхъ частотахъ выводы теорій согласуются съ опытомъ. Мы не можемъ здѣсь входить въ детальное обсужденіе вопроса и останавливаться на указаніяхъ, какимъ образомъ при дальнѣйшемъ развитіи науки это разногласіе было не только разъяснено, но даже стало поводомъ для многихъ цѣнныхъ изысканій.

Достаточно здѣсь указать, что оно, дѣйствительно, было разъяснено, и что электро-магнитная теорія свѣта въ настоящее время является общепризнанной и составляетъ основу всѣхъ оптическихъ теорій. Почти весь прогрессъ теоретической оптики за послѣднюю эпоху прямо былъ вызванъ развитіемъ этой теоріи.

Г Л А В А V.

Теорія Максвелла.

35. *Историческія замѣчанія.*—Если бы моею единственною цѣлью было объясненіе природы господствующихъ

электрическихъ теорій, то къ вышеизложеннымъ идеямъ Фарадэя оставалось бы прибавить очень немного. Невозможно, однако, совершенно игнорировать исторію развитія науки. Нельзя ограничиваться указаніемъ на то, что развитіе творческой мысли привело науку къ электромагнитной теоріи свѣта, совершенно ничего не сказавъ о методахъ, коимъ была эта теорія установлена. Этимъ было бы оказано пренебреженіе одному изъ главнѣйшихъ орудій въ дѣлѣ изученія физики.

Фарадэй самъ далъ только основной очеркъ теоріи, описанной выше. Онъ указалъ вообще, что общія черты электрическаго и магнитнаго дѣйствія могутъ быть объяснены дѣйствіемъ неподвижныхъ или движущихъ силовыхъ линій. Фарадэй не былъ математикомъ и не вводилъ въ свою теорію тѣхъ величинъ, которыми онъ пользовался въ своихъ разсужденіяхъ. Онъ сознавалъ, конечно, что силовыя линіи стягиваются въ направленіи своей длины и испытываютъ отталкиваніе въ направленіи, перпендикулярномъ къ ихъ длинѣ. Однако, онъ не далъ опредѣленія величинъ, основанныхъ на этихъ представленіяхъ, и не пытался связать ихъ съ измѣримыми величинами, введенными ранѣе старой электрической теоріей. Онъ не указалъ даже на то, что силовыя линіи должны обладать инерціей. Понятіе инерціи силовыхъ линій было введено Дж. Дж. Томсономъ; черезъ пятьдесятъ лѣтъ послѣ появленія труда Фарадэя и черезъ двадцать лѣтъ послѣ появленія электромагнитной теоріи свѣта онъ развилъ теорію Фарадэя въ тѣхъ чертахъ, которыя были выше отмѣчены, и показалъ, что она приводитъ непосредственно ко всѣмъ тѣмъ результатамъ, которые Максвеллъ получилъ другимъ путемъ.

Безъ опредѣленія величины натяженія вдоль силовыхъ линій и величины инерціи этихъ линій было невозможно предсказать величину скорости распространенія возмущенія вдоль силовыхъ линій. Поэтому Фарадэй не имѣлъ возможности подвергнуть электромагнитную теорію свѣта провѣркѣ. И до нѣкоторой степени странно, что ему никогда не приходила въ голову идея, что силовыя линіи могутъ лежать въ основѣ механизма передачи возмущеній въ средѣ. Это тѣмъ болѣе странно, что Фарадэй былъ твердо убѣжденъ въ возможности установленія связи между оптическими и электрическими явленіями и много времени потратилъ на попытки установить опытнымъ путемъ вліяніе магнитныхъ

и электрическихъ силъ на распространеніе свѣта въ средѣ. Онъ, дѣйствительно, открылъ подобное явленіе, но оно не послужило толчкомъ для дальнѣйшаго развитія теоріи. Наоборотъ, оно не согласовалось съ электрической теоріей до тѣхъ поръ, пока она не эволюционировала въ современную электронную теорію. Общимъ свойствомъ электрическихъ и оптическихъ явленій, требующимъ установленія связи между ними, является способность дѣйствій обоого рода распространяться въ пустотѣ. Фарадэй не сознавалъ этого.

Всѣ эти важныя заключенія, непосредственно вытекающія изъ идей Фарадэя, были получены Максвелломъ, превосходившимъ Фарадэя математическими дарованіями настолько, насколько Фарадэй превосходилъ его физическимъ чутьемъ. Но методъ, которымъ Максвеллъ пришелъ къ этимъ заключеніямъ, былъ совершенно отличенъ отъ того, который мы очертили въ предыдущихъ параграфахъ. Максвеллъ ввелъ въ разсмотрѣніе величины, связанныя съ пснтями натяженія вдоль силовыхъ линій и давленія въ направленіи, перпендикулярномъ къ этому. Но хотя онъ первый установилъ аналогію между электрическимъ токомъ и системой, обладающей инерціей, онъ не приписывалъ инерціи силовымъ линіямъ. Онъ объяснял электростатическія явленія, стоя на точкѣ зрѣнія Фарадэя, но при объясненіи электромагнитныхъ явленій онъ почти вполнѣ вернулся къ методамъ, характеризующимъ работы Ампера. Теорія, которая привела его къ электромагнитной теоріи свѣта, хотя и развивалась подъ вліяніемъ работы Фарадэя, но логически является отъ нея независимой. Обѣ теоріи различны по своей основной природѣ. Теорія Фарадэя была физическая теорія, теорія Максвелла — математическая теорія. Здѣсь мы должны на нѣкоторое время остановиться и вкратцѣ разсмотрѣть, что такое представляетъ собою математическая теорія.

36. Математическія теоріи.—Мы видѣли, что физическая теорія, между прочимъ, представляетъ собою рядъ предложеній, изъ которыхъ могутъ быть выведены другія предложенія (законы); логически, предложенія теоріи просто эквиваленты законамъ, которые они стремятся объяснить, но отличаются отъ нихъ тѣмъ, что даютъ возможность выводить другіе законы. Въ этомъ отношеніи математическая теорія весьма сходна съ физической теоріей: она также состоитъ изъ предложеній, позволяющихъ выводить законы и

изъ нея также можно выводить законы, не предусмотрѣнные при созданіи теоріи. Главное различіе между физической и математической теоріями лежитъ въ природѣ предложеній, составляющихъ теоріи, и понятій, вводимыхъ этими предложеніями.

Понятія, заключающіяся въ физической теоріи, всегда появляются по аналогіи съ механической системой, дѣйствіе которой близко нашему опыту. Понятія же математической теоріи имѣють ту же природу, что и понятія чистой математики. Въ границахъ этой маленькой книжки нѣтъ возможности описать природу этихъ понятій такъ, чтобы разъяснить вполне вопросъ читателю не-специалисту. Но съ однимъ рядомъ этихъ понятій—понятіями о рациональныхъ числахъ, знакомъ каждый, кто изучалъ ариметику хотя бы поверхностно. Къ этимъ понятіямъ, какъ и ко многимъ другимъ понятіямъ чистой математики приложимы операціи сложенія и вычитанія. Существуютъ и такія понятія въ чистой математикѣ, къ которымъ приложимы не только эти операціи, но еще и другія, къ рациональнымъ числамъ не приложимыя. Такія понятія вводятся въ математику той ея вѣтвью, которая носитъ названіе дифференціального и интегрального исчисленія. Употребленіе этихъ понятій является отличіемъ современной математики отъ математики древнихъ.

Величины, вводимыя физическими теоріями, аналогичны рациональнымъ числамъ постольку, поскольку къ нимъ приложимы операціи, аналогичныя сложенію и вычитанію и не приложимы операціи дифференціального и интегрального исчисленій. Последнія операціи не позволяютъ опредѣлять величины, къ которымъ онѣ приложимы, въ терминахъ нашихъ ощущеній, являющихся основой всей физики. Поэтому невозможно устанавливать научные законы, заключающіе въ себѣ тѣ понятія, къ которымъ приложимы могущественные и разработанные методы современной математики. И если бы намъ пришлось воспользоваться этими методами, то мы должны были бы ввести въ науку понятія, не опредѣлимые въ терминахъ нашихъ ощущеній—понятія, типичныя для теорій, но не для законовъ.

Это введеніе и совершается математической теоріей. Физическіе законы устанавливаютъ извѣстныя соотношенія между физическими величинами. Такъ, рассматривая магнитное дѣйствіе электрическаго тока, мы имѣемъ дѣло со слѣдующими величинами: сила тока C , направляющая сила,

дѣйствующая на извѣстной магнитъ H , различныя длины L , M , N , и т. д., опредѣляющія положеніе магнита относительно тока. Законъ разсматриваемаго дѣйствія гласитъ, что, когда C имѣетъ значеніе c , а L , M , N имѣютъ значенія l , m , n , то H имѣетъ значеніе h , при чемъ c , l , m , n , h , всѣ суть опредѣленные числа. Математическая теорія вводитъ новыя понятія C^1 , H^1 , L^1 , M^1 , N^1 , къ которымъ приложимы операціи дифференціальнаго и интегральнаго исчисленій, и устанавливаетъ новыя связи между этими понятіями. Эти новыя связи должны быть таковы, что ихъ можно логически вывести изъ предложеній, устанавливающихъ, что, когда C^1 , L^1 , M^1 , N^1 имѣютъ значенія c , l , m , n , то H^1 имѣетъ значеніе h . Совокупность предложеній, приводящихъ къ этому заключенію, и образуетъ математическую теорію. Слѣдуетъ замѣтить, что математическая теорія, какъ и физическая, можетъ быть раздѣлена на двѣ части—положенія и словарь; положенія представляютъ собою только что описанныя предложенія, а словарь состоитъ изъ ряда предложеній въ родѣ: говоря, что значеніе C^1 есть c , я этимъ утверждаю, что значеніе C есть c . Это можетъ показаться несущественнымъ усложненіемъ, но я увѣряю читателя, что много недоразумѣній возникало изъ-за пренебреженія этими особенностями.

Разсматривая методы, которыми оперируютъ математическія теоріи, мы сталкиваемся съ затрудненіями, подобными тѣмъ, которыя мы отмѣтили, говоря о физическихъ теоріяхъ. Все что мы знаемъ окончательно—это законы, которые должны слѣдовать изъ теоріи, при чемъ возможны многія различныя теоріи, приводящія къ однимъ и тѣмъ же законамъ. Какъ же сдѣлать выборъ между безчисленными различными теоріями, приводящими къ однимъ и тѣмъ же законамъ? Изъ всякой теоріи можно вывести не только тѣ законы, для объясненія которыхъ она требуется, но также и многіе другіе; при этомъ теорія не совершенна, если эти многочисленные другіе законы не подтверждены наблюденіями. Этимъ и создается критерій для сужденія о цѣнности теоріи; онъ, однако, не открываетъ никакой помощи въ дѣлѣ самаго созданія теоріи.

Фактически, изучая цѣнныя математическія теоріи, мы находимъ, что онѣ отличаются всѣми признаками цѣнныхъ физическихъ теорій; онѣ не только съ успѣхомъ объясняютъ старыя законы и предсказываютъ новыя, но также

удовлетворяютъ эстетическимъ интеллектуальнымъ требованіямъ. Изъ многихъ возможныхъ формъ для главныхъ математическихъ теорій выбрана ихъ общепринятая форма, очевидно, вслѣдствіе ея простоты и изящества; она обладаетъ такими, совершенно не опредѣлимыми, качествами, которыя дѣйствуютъ притягательно на чистаго математика и таинственно на всякаго другого человѣка. Мы должны замѣтить, что предложенія, обладающія наиболѣе замѣчательной силой въ предсказаніи вѣрныхъ законовъ, одновременно съ тѣмъ удовлетворяютъ этимъ ирраціональнымъ требованіямъ интеллекта. Это постоянное соединеніе двухъ весьма различныхъ свойствъ и дѣлаетъ теоріи могущественными, а истинное знаніе—возможнымъ.

Слѣдуетъ, однако, отмѣтить одно существенное различіе между физическими и математическими теоріями. Мы видѣли, что физическая теорія, независимо отъ ея внѣшняго облика простого логическаго эквивалента законовъ, объясняемыхъ ею, полезна намъ тѣмъ, что она намъ внушаетъ. Выводъ изъ такой теоріи какихъ-либо законовъ, которые она должна объяснить, можетъ быть съ успѣхомъ сдѣланъ только лицами, одаренными особой научной интуиціей; эта интуиція позволяетъ великимъ физикамъ дѣлать заключенія, приближающія насъ къ истинѣ. Въ случаѣ же математической теоріи выводъ новыхъ законовъ достигается и не благодаря гению особо одаренныхъ умовъ, а нутемъ строго логическихъ дедуктивныхъ процессовъ, доступныхъ каждому, достаточно владѣющему математикой, и убѣдительныхъ для каждаго, понимающаго математическія выкладки. Выводы, сдѣланные изъ физической теоріи, получены методами, которые могутъ быть оцѣнены только незначительнымъ числомъ лицъ, тогда какъ выводы изъ математической теоріи получаютъ методами, которые могутъ оцѣнить всѣ, прошедшіе соответственный курсъ математики. Такъ какъ, въ концѣ концовъ, убѣждать можно лишь на основѣ принциповъ, принимаемыхъ всѣми, математическая теорія всегда кажется болѣе убѣдительною, чѣмъ физическая. Великія математическія теоріи, каковы теорія тяготѣнія Ньютона или теорія электромагнетизма Ампера, никогда не возбуждали сомнѣній, между тѣмъ какъ всякая физическая теорія за время ея существованія встрѣчалась со скептическимъ къ ней отношеніемъ. Не слѣдуетъ, тѣмъ не менѣе, думать, что физическія теоріи менѣе цѣнны, чѣмъ математическія теоріи

или, что наука может развиваться без помощи физических теорій. Логическая природа теорій обоого рода и ихъ отношеніе къ законамъ и основамъ науки одинаковы. Тотъ фактъ, что новые законы выводятся изъ нихъ путемъ слегка различныхъ процессовъ, не имѣетъ очень большого значенія въ дѣйствительности, такъ какъ въ обоихъ случаяхъ выводимые изъ теоріи новые законы, прежде признанія ихъ за истинные, должны быть провѣрены на опытѣ. Нельзя принимать за истину безъ всякаго дальнѣйшаго изслѣдованія выводы изъ электромагнитной теоріи Ампера.

37. *Теорія Максвелла.*—Такая математическая теорія и привела Максвелла къ его великому открытію. Законы, которые она должна была первоначально объяснить, были: законъ магнитнаго дѣйствія круговаго тока и законъ магнитной индукціи тока. Эти законы были сформулированы еще до Максвелла, и двѣ математическія теоріи объяснили ихъ. Максвеллъ измѣнилъ эти теоріи въ двухъ направлеиіяхъ. Вводя измѣненія перваго рода, онъ дѣйствовалъ подъ вліяніемъ теоріи Фарадѣя. По старой теоріи, въ совершенной пустотѣ не могло существовать электрическаго тока, который возбуждалъ бы магнитныя дѣйствія, такъ какъ такія дѣйствія считались необходимо связанными съ проводящими тѣлами. По идеямъ Фарадѣя, активными агентами являются движущіяся линіи силъ, которыя могутъ двигаться даже, если ихъ концы закрѣплены. Поэтому электрической токъ, дающій начало магнитнымъ дѣйствіямъ, можетъ существовать и въ совершенной пустотѣ. Представляя эту возможность въ своей теоріи, Максвеллъ, несомнѣнно, находился подъ вліяніемъ соображеній о математической симметріи и простотѣ. Онъ ввелъ въ теорію нѣкоторую электрическую величину, которая можетъ имѣть конечное значеніе даже въ пустотѣ; измѣненія этой величины связаны съ магнитными дѣйствіями. Максвеллъ выбралъ эту величину такимъ образомъ, что, допуская возникновеніе всѣхъ разсматриваемыхъ дѣйствій въ пустотѣ, предложенія теоріи, объясняющей законы магнитныхъ дѣйствій тока, имѣютъ ту же самую простую форму, какъ и предложенія теоріи, объясняющей происхожденіе тока измѣненіемъ магнита. Единственная разница между двумя рядами предложеній заключается въ томъ, что электрическія величины въ одвомъ соотвѣтствуютъ магнитнымъ величинамъ въ другомъ. Оба ряда предложеній совершенно симметричны, вполне удовлетворяя cadaго, кто,

подобно Максвеллу, имѣеть интересъ къ чистой математикѣ. Максвеллъ такимъ образомъ получилъ два ряда предложеній, каждое изъ которыхъ давало соотношенія между электрическими величинами, магнитными величинами и величинами, общими каждой наукѣ, каковы длина и время. Разыскивая затѣмъ слѣдствія этихъ предложеній, Максвеллъ нашель, что они приводятъ къ слѣдующему выводу: всякое измѣненіе электрическаго или магнитнаго состоянія въ нѣ-которомъ мѣстѣ пространства по истеченіи опредѣленнаго промежутка времени появляется въ другомъ мѣстѣ. Этотъ промежутокъ времени зависитъ отъ разстоянія между двумя мѣстами и электрическихъ и магнитныхъ свойствъ раздѣ-ляющей ихъ среды. Тотъ же выводъ можетъ быть выраженъ такъ: возмущеніе распространяется изъ одного мѣста къ дру-гому со скоростью, опредѣляемой электрическими и магнит-ными свойствами среды. Если эти свойства извѣстны и могутъ быть опредѣлены на опытѣ, то ими опредѣляется и скорость распространенія возмущенія. Сравнивая предска-занія относительно этой скорости распространенія возмуще-ній съ величиной скорости свѣта, можно получить тѣ заклю-ченія, которыя приведены выше въ § 34. Такъ возникла электромагнитная теорія свѣта; она не была сейчасъ же всѣми общепризнана, пока изъ нея не были получены даль-нѣйшія слѣдствія и они не были сравнены съ данными опыта. Наиболѣе крупные успѣхи въ этой области были достигнуты Герцемъ; они и привели ко всеобщему признанію теоріи Максвелла. Болѣе подробное разсмотрѣніе этого во-проса завело бы насъ слишкомъ далеко. Моей цѣлью было только объяснить, какъ мыслить наука и какъ она разви-вается, а не описывать въ деталяхъ дѣйствительные резуль-таты, достигнутые ею.

38. *Дальнѣйшее развитіе.*—При такомъ положеніи дѣлъ произошелъ съ наукой объ электричествѣ ясный и отчетли-вый переломъ въ ея развитіи. Старая наука здѣсь кон-чается, начинается новая, сдѣлавшая громадныя успѣхи за послѣднія пятнадцать лѣтъ и революционизировавшая наши понятія о всѣхъ почти явленіяхъ природы. Хотя сначала въ теченіе продолжительнаго періода не было достигнуто замѣтныхъ успѣховъ, все же для передовыхъ людей науки было ясно, въ какомъ направленіи разовьется новая наука. Мы указали выше, что электромагнитная теорія свѣта нахо-дится въ совершенномъ и полномъ согласіи со всѣми извѣст-

ными фактами, поскольку они касаются распространения свѣта въ пустотѣ. Она оказывается недостаточной только тогда, когда разсматриваются оптическія и электрическія свойства матеріальныхъ тѣлъ.

При ближайшемъ изученіи чисто электрическихъ свойствъ матеріальныхъ тѣлъ, мы находимъ области, для которыхъ не пригодна ни одна изъ разработанныхъ доселѣ теорій. Нѣкоторыя такія области мы уже упоминали выше. Рѣзкое различіе, которое дѣлается въ электростатикѣ между проводниками и непроводниками, при болѣе тщательномъ изученіи вопроса, исчезаетъ, такъ какъ оказывается, что всѣ тѣла до нѣкоторой степени относятся одновременно къ обоимъ классамъ. При этомъ оказывается затруднительнымъ связать наше объясненіе возбужденія заряда чрезъ индукцію съ допущеніемъ невозможности передвиженія электричества въ не-проводникахъ. Число подобныхъ примѣровъ можно увеличить почти до безконечности; ясно, что для завершенія теоріи нужно обращать большое вниманіе на различія и сходства различныхъ веществъ по отношенію къ электрическимъ величинамъ. Мы до сихъ поръ разсматривали матеріальныя тѣла, какъ слегка измѣняющія электрическія свойства пустоты, которую они заполняютъ. Но мы не дѣлали никакой попытки связать электрическія свойства тѣлъ съ другими ихъ свойствами или дать физическую теорію этихъ свойствъ. Именно въ этомъ направленіи и должны быть произведены дальнѣйшія изысканія. Въ терминахъ старѣйшей теоріи электричества вопросъ ставится такъ: какъ распредѣлены внутри незаряженнаго тѣла тѣ равныя количества противоположныхъ электричествъ, которыя предполагаются существующими въ незаряженныхъ тѣлахъ, и каково соотношеніе между этими зарядами и атомами или молекулами, изъ которыхъ тѣло составлено? Въ такой именно формѣ и представлялся вопросъ тогда, когда получились первыя указанія на возможность его разрѣшенія. Теорія еще разъ оказалась болѣе цѣнной своими недостатками, нежели своими положительными качествами. Законы, правильно предсказанные теоріей Максвелла, можно считать завершающими зданіе *старей* науки объ электричествѣ. Законы же, предсказанные ею ошибочно, вызвали ностроеніе *новаго* научнаго зданія.

О Г Л А В Л Е Н І Е .

ПРЕДИСЛОВІЕ АВТОРА	3
Глава I. Законы и теорія электростатическихъ явленій	5
Глава II. Электрическія измѣренія	25
Глава III. Электро-магнетизмъ	37
Глава IV. Теорія Фарадѣя	49
Глава V. Теорія Максвелла	62
