

Итак, при нашем выборе мы можем руководствоваться лишь такими соображениями, в которых большую роль играет личная оценка; есть такие решения, которые будут всеми отвергнуты вследствие их причудливости, в то время как другие привлекут всех своей простотой.

Что касается области электричества и магнетизма, то Максвелл воздержался от решительного выбора. Это не означает, что он систематически уклонялся от всего недоступного для позитивных методов: время, посвященное им развитию кинетической теории газов, достаточно убеждает в противном. Добавлю, что хотя в своем большом труде он не развивает полного детального истолкования, но раньше он попытался дать нечто подобное — в статье, опубликованной в *Philosophical Magazine*. Необычность и сложность гипотез, которые он при этом должен был сделать, побудили его потом отказаться от этой попытки.

На всем протяжении его книги господствует один и тот же дух: все существенное, т. е. все, что должно остаться общим для всех теорий, выдвинуто на первый план; все, что относится лишь к специальным теориям, почти всегда обходится молчанием. Таким образом, читатель видит перед собой некоторую форму, почти лишенную содержания, форму, которая вначале производит впечатление чего-то мимолетного и неуловимого, как тень. Однако трудности, которые он вынужден преодолевать, побуждают сильнее работать его мысль, и в конце концов он начинает понимать, сколь часто искусственными были теоретические построения, которыми он прежде восхищался.

Глава XIII

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

С нашей точки зрения, история электродинамики особенно поучительна. Ампер дал своему бессмертному труду такое название: «Теория электродинамических явлений, основанная *исключительно на опыте*». Он полагал, следовательно, что он не создал *ни одной* гипотезы; но как мы вскоре увидим, он их создал; только он сделал это, сам того не замечая. Однако эти гипотезы были замечены его преемниками, так

как внимание их было привлечено слабыми местами исследований Ампера. Они создали новые гипотезы, на этот раз вполне сознательно. Однако сколько перемен произошло здесь, пока не установилась система, которая ныне считается классической, но которая, быть может, тоже еще не является окончательной! Мы сейчас это увидим.

I. Теория Ампера. В своих экспериментальных исследованиях взаимодействий токов Ампер имел и мог иметь дело только с замкнутыми токами.

Это не значит, что он отрицал возможность незамкнутых токов. Если мы соединим проволокой два противоположно заряженных проводника, то появится ток, идущий от одного из них к другому и продолжающийся до тех пор, пока потенциалы обоих не сравняются. Согласно идеям, господствовавшим во времена Ампера, такой ток считался незамкнутым; наличие тока от первого проводника ко второму было очевидно; тока, который шел бы от второго к первому, не замечали.

Токи подобной природы (например, токи, возникающие при разряде конденсаторов) Ампер рассматривал как незамкнутые; но он не мог сделать их предметом своих опытов, так как длительность их слишком мала.

Можно представить себе еще и другой вид незамкнутого тока. Пусть имеются два заряженных проводника A и B , соединенных проволокой AMB . Пусть небольшие подвижные проводящие тела приходят сначала в соприкосновение с проводником B , отнимают у него часть заряда, затем контакт их с B прекращается, они движутся по пути BNA , перенося с собой свой заряд, приходят в соприкосновение с A и передают ему этот заряд, который затем снова возвращается в B , переходя по проволоке AMB . Мы имеем здесь в некотором смысле замкнутый ток, потому что электричество циркулирует по замкнутому пути $BNAMB$; но две части этого тока весьма различны между собой: в проволоке AMB электричество перемещается по твердому проводнику подобно гальваническому току, преодолевая омическое сопротивление и выделяя теплоту; принято говорить, что здесь имеет место ток проводимости; в части BNA электричество

переносится подвижным проводником: это — так называемый *конвекционный ток*.

Если теперь рассматривать конвекционный ток как совершенно аналогичный току проводимости, то контур *ВНАМВ* является замкнутым: если, напротив, конвекционный ток не является «настоящим током», например, если он не оказывает действия на магниты, то остается лишь ток проводимости *АМВ*, который будет *незамкнутым*.

Пример подобного процесса может быть осуществлен, если соединить проволокой два полюса машины Гольца: вращающийся заряженный круг переносит электричество путем конвекции от одного полюса к другому; затем оно по проволоке возвращается к первому полюсу, осуществляя ток проводимости. Но получение подобных токов сколько-нибудь значительной силы является делом весьма трудным; при тех средствах, какими располагал Ампер, это было прямо невозможно. Одним словом, Ампер мог составить себе идею о двух типах незамкнутых токов, но он не был в состоянии подвергнуть опытному исследованию как те, так и другие, так как или сила их была слишком ничтожна, или длительность их была слишком мала.

Итак, на опыте он мог обнаружить лишь действие замкнутого тока на другой замкнутый ток или, точнее, действие одного замкнутого тока на *часть* другого, так как можно пропустить ток по *замкнутому* контуру, состоящему из одной части подвижной и другой — неподвижной. В этом случае возникает возможность изучать перемещения подвижной части под действием другого замкнутого тока. Что касается действий незамкнутого тока как на замкнутый ток, так и на другой незамкнутый ток, то изучить их Ампер не имел никакого средства.

1. *Случай замкнутых токов*. В случае взаимодействия двух замкнутых токов Ампер нашел из опыта замечательно простые законы. Я бегло возобновлю в памяти читателя те из них, которые будут нам впоследствии полезны.

а) *Если сила токов поддерживается постоянной* и если два контура, подвергавшиеся каким угодно перемещениям и деформациям, возвращаются затем к своей начальной конфигурации, то полная работа

электродинамических сил будет равна нулю. Другими словами, здесь существует *электродинамический потенциал* двух контуров, который пропорционален произведению сил токов и зависит от формы и относительного положения контуров; работа электродинамических сил равна изменению этого потенциала.

б) Действие замкнутого соленоида равно нулю.

в) Действие контура C на другой контур C' определяется исключительно «магнитным полем», присутствующим контуру C . В самом деле, в каждой точке пространства можно определить по величине и направлению некоторую силу, так называемую *магнитную силу*, обладающую следующими свойствами:

а) сила, с которой контур C действует на магнитный полюс, приложена к этому полюсу; она равна магнитной силе, умноженной на магнитную массу полюса;

б) магнитная стрелка весьма малых размеров стремится принять направление магнитной силы, и пара, которая стремится привести ее в это положение, пропорциональна произведению магнитной силы, магнитного момента стрелки и синуса угла отклонения;

в) если контур C' перемещается, то работа электродинамической силы, с которой C действует на C' , равна приращению «магнитного силового потока», пронизывающего этот контур.

2. *Действие замкнутого тока на элемент тока.* Не будучи в состоянии осуществить незамкнутый ток в собственном смысле слова, Ампер имел лишь одно средство изучать действие замкнутого тока на элемент тока. Оно состояло в использовании контура C' , составленного из двух частей — одной неподвижной, другой подвижной. Роль подвижной части играла, например, подвижная проволока $\alpha\beta$, концы которой α и β могли скользить вдоль другой проволоки, укрепленной неподвижно. В одном из положений подвижной проволоки конец α лежал на точке A неподвижной проволоки, а конец β — на точке B ее. Ток шел из α в β , или — это все равно — из A в B , вдоль подвижной проволоки, а из B в A возвращался по неподвижной. Таким образом, это был замкнутый ток.

В другом положении, в которое подвижная проволока приходит после некоторого скольжения, конец α

лежит в другой точке A' неподвижной проволоки, конец β — также в другой точке B' ее. Ток идет теперь из α в β , или — это все равно — из A' в B' , вдоль подвижной проволоки, а затем вдоль неподвижной возвращается из B' в B , из B в A , наконец, из A в A' . Здесь ток снова остается замкнутым.

Если подобный контур подвергается действию замкнутого тока C , то подвижная часть будет перемещаться, как если бы она находилась под действием некоторой силы. Ампер *допускает*, что зависящая от C воображаемая сила, которая как бы действует в этом случае на подвижную часть $\alpha\beta$ замкнутого тока, будет совершенно такою же, как если бы по $\alpha\beta$ проходил незамкнутый ток, выходящий из α и останавливающийся в β , вместо того чтобы совершить замкнутый путь, возвратившись из β в α по неподвижной части контура.

Эта гипотеза может казаться довольно естественной, и Ампер ввел ее, сам того не замечая; тем не менее *она не обязательна*, и, как мы увидим позднее, Гельмгольц ее отбросил. Как бы то ни было, она позволила Амперу, несмотря на то, что он никогда не мог осуществить незамкнутый ток, формулировать законы действия замкнутого тока на другой, незамкнутый, или даже на элемент тока.

Законы эти по-прежнему просты:

а) сила, действующая на элемент тока, приложена к этому элементу; она перпендикулярна к элементу и к магнитной силе и пропорциональна нормальной к элементу слагающей этой магнитной силы;

б) действие замкнутого соленоида на элемент тока равно нулю.

Но в этом случае уже не существует электродинамического потенциала; т. е. если ток замкнутый и ток незамкнутый, при условии постоянства их сил, возвращаются к начальной конфигурации, то полная работа уже не будет равна нулю.

3. *Непрерывные вращения.* В числе электродинамических опытов наиболее курьезными являются те, в которых оказалось возможным осуществить непрерывное вращение (они иногда называются *униполярной индукцией*). Пусть у нас имеется магнит, могущий вращаться вокруг своей оси; ток проходит сначала по неподвижной проволоке, затем вступает

в магнит через один из полюсов, проходит через половину длины магнита, выходит через скользящий контакт и возвращается в неподвижную проволоку. В этом случае магнит получает непрерывное вращательное движение, никогда не достигая положения равновесия. Этот опыт был произведен Фарадеем.

Как же это возможно? Если бы мы имели два контура неизменной формы: один неподвижный C , другой C' , способный вращаться около оси, то этот последний никогда не мог бы получить непрерывное вращательное движение. В самом деле, существует электродинамический потенциал; поэтому необходимо существует положение равновесия: именно то, при котором потенциал принимает наибольшее значение.

Итак, непрерывное вращение возможно лишь в том случае, если контур C' состоит из двух частей: одной неподвижной, другой, способной вращаться вокруг оси, как это имеет место в опыте Фарадея. Следует отметить еще одно различие. Переход электричества с неподвижной части на подвижную или обратно может происходить или путем простого контакта (определенная точка подвижной части находится в постоянном соприкосновении с определенной точкой неподвижной части), или при помощи скользящего контакта (одна и та же точка подвижной части последовательно приходит в соприкосновение с различными точками неподвижной части).

Только во втором случае может иметь место непрерывное вращение. Вот что здесь происходит: система стремится достичь положения равновесия; но по мере ее перемещения скользящий контакт связывает подвижную часть все с новыми точками неподвижной части; благодаря этому меняются связи, а следовательно, и условия равновесия; положение равновесия, так сказать, убегает от системы, которая стремится его настичь, и в результате вращение может продолжаться без конца.

Ампер допускает, что действие контура на подвижную часть C' будет совершенно таким же, как если бы неподвижной части C' не существовало, следовательно, как если бы ток, циркулирующий в подвижной части, был незамкнутым. Отсюда он заключает, что действие замкнутого тока на ток незамкнутый (или наоборот) может повести к непрерывному

вращению. Но это заключение зависит от указанной мною выше гипотезы, не принятой Гельмгольцем.

4. *Взаимодействие двух незамкнутых токов.* Опытов, которые относились бы к взаимодействию двух незамкнутых токов или, в частности, двух элементов тока, совершенно не существует. Ампер прибег к гипотезе. Он предположил: 1) что взаимодействие двух элементов сводится к силе, направленной по прямой, их соединяющей; 2) что взаимодействие двух замкнутых токов представляется как результирующая взаимодействий их различных элементов, причем эти взаимодействия принимаются такими же, как если бы элементы имели независимое друг от друга существование.

Замечательно, что и здесь Ампер ввел эти две гипотезы, не заметив этого. Как бы то ни было, эти гипотезы, соединенные с опытами над замкнутыми токами, достаточны для полного определения закона взаимодействия двух элементов.

Но в этом случае большая часть простых законов, найденных нами для случая замкнутых токов, теряет свою силу. Прежде всего, здесь не будет существовать электродинамического потенциала; впрочем, так было уже и в случае действия замкнутого тока на незамкнутый ток.

Далее, здесь, собственно говоря, нет и магнитной силы. В самом деле, выше мы дали для этой силы три различных определения:

- 1) по действию на магнитный полюс,
- 2) по действию пары, направляющей магнитную стрелку,
- 3) по действию на элемент тока.

Но в интересующем нас теперь случае эти три определения не только более не согласуются друг с другом, но каждое из них лишено смысла. В самом деле:

1) магнитный полюс уже не просто подвержен действию одной приложенной к нему силы; действительно, мы видели, что сила, представляющая действие элемента тока на полюс, приложена не к полюсу, а к элементу; впрочем, она может быть заменена силой, приложенной к полюсу, и парой;

2) пара, действующая на магнитную стрелку, больше не является простой направляющей парой, так

как момент ее относительно оси стрелки не равен нулю; эта пара разлагается на направляющую пару в собственном смысле и добавочную пару, стремящуюся произвести непрерывное вращение, о котором говорилось выше;

3) наконец, сила, действующая на элемент тока, не будет нормальной к этому элементу.

Иными словами, *единство магнитной силы исчезло*.

Это единство состоит в следующем. Две системы, оказывающие одинаковое действие на магнитный полюс, будут оказывать одинаковое действие и на бесконечно малую магнитную стрелку, и на элемент тока, если предположить, что они помещены в той же точке пространства, где был магнитный полюс. Это справедливо, если наши две системы состоят исключительно из замкнутых токов; но по Амперу это уже не будет верным, если в эти системы входят незамкнутые токи.

Достаточно, например, заметить, что если магнитный полюс помещается в A , а элемент тока в B , причем ток направлен вдоль прямой AB , то этот элемент, не оказывая никакого действия на полюс A , напротив, будет действовать как на помещенную в точке A магнитную стрелку, так и на помещенный в точке A элемент тока.

5. *Индукция*. Известно, что открытие электродинамической индукции последовало вскоре за бесмертными трудами Ампера.

Пока речь идет только о замкнутых токах, всякая трудность отсутствует. Гельмгольц заметил даже, что принцип сохранения энергии позволяет вывести законы индукции из электродинамических законов Ампера. Однако, как показал Бертран, при этом приходится допустить также некоторое число гипотез. Тот же принцип позволяет еще сделать подобный вывод в случае незамкнутых токов, хотя полученный при этом результат, конечно, нельзя подвергнуть контролю опыта ввиду невозможности осуществить подобные токи.

Но если бы мы пожелали приложить этот метод анализа к амперовой теории незамкнутых токов, то получили бы совершенно неожиданные результаты.

Прежде всего, индукцию нельзя было бы вывести из изменения магнитного поля по формуле, хорошо

известной ученым и техникам; в самом деле, как мы сказали выше, здесь, собственно, нельзя говорить о магнитном поле.

Мало того. Пусть в контуре C наводится электродвижущая сила изменениями, происходящими в гальванической системе S . Если система S перемещается и деформируется произвольным образом, и силы токов в этой системе меняются по произвольному закону, но в конце концов система возвращается в свое начальное состояние, то естественно ожидать, что *средняя* электродвижущая сила, наведенная в контуре C , равна нулю.

Это справедливо, если контур C замкнут и если система S состоит исключительно из замкнутых токов; но это уже было бы неверно с точки зрения теории Ампера, если бы некоторые из токов были незамкнутыми. Таким образом, индукция уже не только не выражалась бы изменением магнитного силового потока в каком-либо обычном смысле слова, но и вообще она не могла бы быть представлена изменением чего бы то ни было.

II. Теория Гельмгольца. Я особенно подробно остановился на следствиях теории Ампера и на его трактовке действия незамкнутых токов. Трудно не признать парадоксального и искусственного характера предположений, которыми он руководствовался; невольно думается, что «так не должно быть».

Легко понять, почему Гельмгольц решил искать другие пути. Он отверг основную гипотезу Ампера, в силу которой взаимодействие двух элементов тока сводится к силе, направленной по прямой, их соединяющей. Он принял гипотезу, что элемент тока находится под действием не одной силы, а силы и пары. Именно это допущение вызвало его знаменитую полемику с Бертраном.

Гипотезу Ампера Гельмгольц заменяет следующей: два элемента тока всегда допускают электродинамический потенциал, зависящий исключительно от их положения и направления; работа сил взаимодействия между ними равна изменению этого потенциала. Таким образом, и Гельмгольц, подобно Амперу, не может обойтись без гипотезы, но он по крайней мере ясно выражает ее.

Обе теории дают согласующиеся результаты в единственном доступном для опыта случае замкнутых токов; во всех прочих случаях они расходятся.

Прежде всего, вопреки предположению Ампера, сила, которая как бы действует на подвижную часть замкнутого тока, не тождественна с силой, которая действовала бы на ту же подвижную часть, если бы она была изолирована и представляла собой незамкнутый ток. Представим себе снова наш прежний контур C' , образованный подвижной проволокой $\alpha\beta$, скользящей по неподвижной проволоке; в расположении, которое только и осуществимо на опыте, подвижная часть $\alpha\beta$ не является изолированной, а составляет часть замкнутого контура. Когда она из положения AB переходит в $A'B'$, полный электродинамический потенциал изменяется по двум причинам: во-первых, он подвергается первому приращению потому, что потенциал $A'B'$ относительно контура C не одинаков с потенциалом AB ; во-вторых, он подвергается второму приращению потому, что увеличиваются потенциалы элементов AA' и $B'B$ относительно C . Это *двойное* приращение и представляет собой работу силы, которая как бы действует на часть AB . Если бы, напротив, $\alpha\beta$ была изолирована, то потенциал получил бы лишь первое приращение, и этим первым приращением измерялась бы работа силы, действующей на AB .

Во-вторых, не может быть непрерывного вращения без скользящего контакта; действительно, как мы видели при рассмотрении случая замкнутых токов, вращение — непосредственное следствие существования электродинамического потенциала.

Если в опыте Фарадея магнит укреплен неподвижно, а часть тока, внешняя относительно магнита, проходит по подвижной проволоке, то эта подвижная часть сможет прийти в непрерывное вращение. Но отсюда не следует, что если мы устраним контакты проволоки с магнитом и пропустим по ней *незамкнутый* ток, то проволока опять получит непрерывное вращение: действительно, я только что сказал, что *изолированный* элемент не испытывает такого же воздействия, как подвижный элемент, образующий часть замкнутого контура.

Другое отличие: действие замкнутого соленоида на замкнутый ток равно нулю, как показывает опыт, а также обе теории; действие же его на незамкнутый ток равно нулю по Амперу и не равно нулю по Гельмгольцу.

Отсюда — важное следствие. Выше мы дали три определения магнитной силы. Третье из них не имеет здесь никакого смысла, так как элемент тока не находится уже под действием одной силы. Точно так же теряет смысл и первое. В самом деле, что такое магнитный полюс? Это — конец чрезвычайно длинного линейного магнита. Магнит этот может быть заменен бесконечно длинным соленоидом. Для того чтобы определение магнитной силы имело смысл, нужно, чтобы действие незамкнутого тока на бесконечно длинный соленоид зависело только от положения конца этого соленоида, т. е. чтобы действие на замкнутый соленоид равнялось нулю. Но это, как мы только что видели, не оправдывается.

Зато ничто не мешает нам принять второе определение, основанное на измерении пары, направляющей магнитную стрелку. Но если мы его примем, то ни явления индукции, ни электродинамические явления не будут зависеть только от распределения силовых линий такого магнитного поля.

III. Трудности, возникающие в этих теориях. Теория Гельмгольца представляет собой шаг вперед по сравнению с теорией Ампера; однако и в ней устранены не все трудности. Как в той, так и в другой термин «магнитное поле» не имеет смысла; если же придать ему условный, более или менее искусственный смысл, то обиходные, столь привычные для всех электриков законы уже не будут иметь места; так, например, наведенная в проволоке электродвижущая сила уже не будет измеряться числом силовых линий, пересекаемых этой проволокой.

И наша антипатия не зависит только от того, что трудно отказаться от привычных закоснелых форм языка и мышления, происходит еще нечто иное. Если мы не верим в действие на расстоянии, то электродинамические явления необходимо объяснить изменениями среды. Эти изменения среды и называются магнитным полем; таким образом, электродинамические эффекты должны зависеть только от этого поля.

Все эти трудности лежат в гипотезе незамкнутых токов.

IV. Теория Максвелла. Таковы были трудности, возникшие в господствующих теориях, когда появился Максвелл, который устроил их одним росчерком пера. По его теории нет иных токов, кроме замкнутых.

Максвелл принимает, что если электрическое поле в диэлектрической среде начинает изменяться, то этот диэлектрик делается ареной особого явления, которое оказывает на гальванометр действие, подобное действию тока, и которое он назвал *током смещения*.

Если два противоположно заряженных проводника соединяются проволокой, то во время разряда в этой проволоке возникнет незамкнутый ток проводимости; но в это самое время в окружающем диэлектрике возбуждаются токи смещения, которые замыкают этот ток проводимости.

Как известно, теория Максвелла привела к объяснению оптических явлений, основой которых принимаются чрезвычайно быстрые электрические колебания.

В то время подобное воззрение было лишь смелой гипотезой, которая не могла опереться ни на какой опыт. Но к концу второго десятка лет идеи Максвелла получили экспериментальное подтверждение. Герцу удалось осуществить систему электрических колебаний, воспроизводящих все свойства света и отличающихся от световых лишь длиной волны, т. е. тем же, чем фиолетовый свет отличается от красного. В некотором роде Герц произвел синтез света. Каждый знает о беспроволочном телеграфе.

Нам могли бы сказать, что Герц не дал прямого подтверждения основной идеи Максвелла: способности тока смещения действовать на гальванометр. В известном смысле это справедливо; все непосредственно обнаруженное им сводится к тому, что электромагнитная индукция распространяется не мгновенно, как думали прежде, а со скоростью, равной скорости света.

Но предположение, что токов смещения не бывает, а индукция распространяется со скоростью света, *равносильно предположению*, что явления индукции производятся токами смещения, распространение

же индукции происходит мгновенно. Это сразу не очевидно, но это доказывается при помощи анализа, говорить о котором здесь я не имею возможности.

V. Опыты Роуланда. Как я сказал выше, бывает два вида незамкнутых токов проводимости: это, во-первых, разрядные токи в конденсаторе или в любом проводнике; во-вторых, сюда относятся случаи, когда электрические заряды описывают замкнутый путь, перемещаясь в одной части контура посредством электропроводности, а в другой части — путем конвекции.

Для незамкнутых токов первого рода вопрос мог считаться решенным: они «замыкаются» токами смещения. Для токов второго типа решение представлялось еще более простым: если ток был замкнут, то это, казалось, могло происходить исключительно благодаря конвекционному току. Для этого достаточно было допустить, что «конвекционный ток», т. е. движущийся заряженный проводник, может действовать на гальванометр.

Однако опытного доказательства недоставало. На деле представлялось трудным получить достаточную силу тока, даже сколь возможно увеличивая заряды и скорости проводников.

Роулэнд, чрезвычайно искусный экспериментатор, первый разрешил эту трудность. Он сообщил диску сильный электростатический заряд и весьма значительную скорость вращения. А статическая магнитная система, помещенная сбоку диска, обнаруживала отклонение. Этот опыт был сделан Роулэндом дважды: один раз в Берлине, другой в Балтиморе; затем он был повторен Химстедтом. Оба эти физика считали возможным даже заявить, что им удалось произвести количественные измерения.

В течение двадцати лет этот закон Роуланда все физики признавали как бесспорный. Действительно, всё, по-видимому, его подтверждало. Искра, несомненно, производит магнитное действие, но разве не правдоподобно, что искровой разряд происходит благодаря тому, что от одного из электродов отрываются частицы и вместе с их зарядом переносятся к другому электроду? Не доказывается ли это уже спектром искры, в котором наблюдаются линии,

принадлежащие металлу электрода? А в таком случае искра была бы настоящим конвекционным током.

С другой стороны, принимают, что в электролитах электричество переносится движущимися ионами. Следовательно, ток в электролите также был бы конвекционным; действует же он на магнитную стрелку.

То же самое верно для катодных лучей: Крукс рассматривал их как поток весьма тонкой материи, заряженной отрицательным электричеством и несущейся с весьма большой скоростью, иными словами, видел в них конвекционные токи и этот взгляд в наше время общепринят. Но катодные лучи отклоняются магнитом. По закону действия и противодействия они в свою очередь должны отклонять магнитную стрелку.

Правда, Герц считал, будто ему удалось доказать, что катодные лучи не переносят отрицательного электричества и не действуют на магнитную стрелку. Но Герц ошибался; сначала Перрену удалось собрать электричество, переносимое этими лучами, существование которого Герц отрицал (по-видимому, немецкий ученый был введен в заблуждение действием тогда еще неизвестных X-лучей); наконец, в самое последнее время с очевидностью было доказано и действие катодных лучей на магнитную стрелку.

Итак, все перечисленные явления, рассматриваемые как конвекционные токи,—искры, токи в электролитах, катодные лучи—одинаково действуют на гальванометр в соответствии с законом Роуланда.

VI. Теория Лоренца. Вскоре пошли еще далее. По теории Лоренца сами токи проводимости представляют настоящие конвекционные токи: электричество находится в постоянной и неразрывной связи с некоторыми материальными частицами, так называемыми *электронами*; гальванический ток состоит в переносе электронов вдоль проводника; проводники отличаются от изоляторов тем, что первые пропускают сквозь себя электроны, тогда как последние задерживают их движение.

Теория Лоренца очень заманчива; она очень просто истолковывает ряд явлений, которые не могли удовлетворительно объяснить прежние теории, в том числе и теория Максвелла в ее первоначальной форме. К числу этих явлений относятся: аберрация света,

частичное увлечение световых волн, магнитная поляризация, явление Зеемана.

Существовали еще некоторые возражения. Явления, происходящие в некоторой системе, казалось, должны были зависеть от абсолютной скорости перемещения центра тяжести этой системы, что противоречит развиваемой нами идее относительности пространства. Липпман, поддерживаемый Кремье, придал этому возражению наглядную и остроумную форму. Представим себе два заряженных проводника, движущихся поступательно с одной и той же скоростью. Они находятся в относительном покое; однако так как каждый из них равносителен конвекционному току, то они должны притягиваться, а, измерив это притяжение, можно было бы определить их абсолютную скорость.

Нет, возражали последователи Лоренца, таким образом была бы измерена не абсолютная скорость их, а скорость их *относительно эфира*; принцип относительности таким образом не нарушается. Впрочем, впоследствии Лоренц дал ответ, более тонкий и гораздо более удовлетворительный.

Каковы бы ни были эти последние возражения, здание электродинамики казалось окончательно построенным, по крайней мере в своих главных чертах; все представлялось в самом удовлетворительном виде; теории Ампера и Гельмгольца, созданные для случая несуществующих незамкнутых токов, казалось, сохраняли только чисто исторический интерес.

История этих изменений (в теориях электродинамики) не менее поучительна для нас; она показывает нам, какие ловушки встречает ученый на своем пути и как он может надеяться их избежать.

Глава XIV *)

КОНЕЦ МАТЕРИИ ¹⁾

Одно из самых удивительных открытий, о котором физики объявили в эти последние годы, состоит

*) Настоящая глава добавлена в позднейших изданиях. Публикуется по изданию: Poincaré H., La Science et l'Hypothèse — Paris: Flammarion, 1923. — *Примеч. ред*

¹⁾ См. *Évolution de la Matière*, par Gustave le Bon.