

Луи де Броиль

ПО ТРОПАМ

НАУКИ

ЛУИ ДЕ БРОЙЛЬ

ПО ТРОПАМ
НАУКИ

Перевод с французского
кандидата физико-математических наук
С. Ф. ШУШУРИНА

Послесловие и общая редакция
доктора философских наук, профессора
И. В. КУЗНЕЦОВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва 1962

ЖИЗНЬ И ТРУДЫ ГЕНДРИКА АНТОНА ЛОРЕНТЦА¹

Господа!

Несмотря на некоторую произвольность деления непрерывного исторического процесса на четко ограниченные отрезки, в истории науки, однако, можно выделить более или менее длительные периоды, во время которых, несмотря на непрекращающийся прогресс науки, основные тенденции науки, а также используемые ею теоретические представления остаются примерно одними и теми же. Эти эпохи относительной стабильности отделены друг от друга краткими периодами кризисов, во время которых под давлением фактов, ранее мало известных или вовсе неизвестных, ученые вдруг ставят под сомнение все принципы, казавшиеся до этого вполне незыблемыми, и через несколько лет находят совершенно новые пути. Такие неожиданные перевороты всегда характеризуют решающие этапы в прогрессивном развитии наших знаний.

Начало XX века было для физики одним из таких бурных переходных периодов. Развитие атомной физики, появление новых представлений теории относительности и квантовой теории коренным образом изменили взгляды физиков на развитие явлений природы. Со времени возникновения новой науки в XVI и XVII веках до конца прошлого века, несмотря на изумительное обогащение наших знаний, схема объяснений нами фактов физического мира оставалась без изменений. Верная предписанию Декарта, который хотел представлять все явления «посредством фигур и движений», по-прежнему привязанная к интуитивным и традиционным представлениям об абсолютных и универсальных пространстве и времени, все еще находившаяся под воздействием расцвета в XVII и XVIII веках механики и исчисления бесконечно малых, физика развивалась быст-

¹ Доклад, прочитанный на открытом ежегодном заседании Академии наук 10 декабря 1951 года.

ро, но в рамках представлений, казавшихся окончательно установленными. Физика стремилась свести всю совокупность явлений природы к механическим процессам, происходящим непрерывно и строго детерминированно, описываемым обыкновенными дифференциальными уравнениями или уравнениями в частных производных. После того как в результате исследования атомных явлений и великих переворотов в физических представлениях, связанных с именами Эйнштейна и Планка, были потрясены основы сооружения, считавшегося непоколебимым, прошедшей стадии развития наших знаний мы даем название «классическая физика», желая этим подчеркнуть сразу и наше уважение к очень красивому и очень гармоничному сооружению, и наше убеждение в том, что сегодня оно стало недостаточным.

Корни революции в представлениях, свидетелями которой мы являлись уже на протяжении полувека, конечно, нужно искать в электромагнитной теории Максвелла. При мерно между 1860 и 1875 годами после напряженных исследований Максвелл в математической форме, ставшей вскоре общеизвестной, подвел итог всей совокупности наших знаний — в ту эпоху уже весьма обширных — об электрических и магнитных явлениях. По своей форме и тенденциям эта обширная работа принадлежала, разумеется, еще к классической физике, но она представляла электромагнитное поле и его изменение весьма абстрактным образом с помощью векторов и дифференциальных уравнений в частных производных, плохо поддающихся механическому истолкованию. Оставаясь полностью верной общей схеме классической физики, теория Максвелла, казалось, довольно плохо согласовывалась с декартовским идеалом объяснения посредством фигур и движений: она представляла собой первый шаг на пути все более и более возрастающей абстракции, который столь характерен для теорий современной физики.

Работа Максвелла положила начало тому развитию идей, влияние которого на судьбы физики оказалось решающим. Начиная с 1875 года по проторенной дороге устроилась толпа молодых исследователей. Наряду с Генрихом Герцем, который, можно сказать, заново продумал теорию Максвелла и которому выпала честь подтвердить гениальные взгляды Максвелла на электромагнитную природу света путем открытия волн Герца, наиболее замечательным из последователей Максвелла, без сомнения, был великий

голландский физик Генрик Антон Лорентц, существенной заслугой которого явилось введение в максвелловский электромагнетизм представления о частице электричества — электроне. В некотором смысле можно сказать, что Лорентц был последним представителем великих физиков классического периода, поскольку до самой смерти он остался верным идеалу классической физики, и все его работы явились воплощением этого идеала. Но тем не менее его можно также рассматривать как главного предтечу современной физики, поскольку, вводя в непрерывную теорию Максвелла электрон как инородное тело, он утвердил понятие атомизма со всеми его упрощениями и всеми его трудностями, которые были сразу подмечены нашим умом, привыкшим к арифметической дискретности и неспособным полностью отрешиться от непрерывности. И это сочетание дискретной частицы с максвелловским представлением о непрерывном поле не замедлило, как показано, в частности, в работах Анри Пуанкаре по неустойчивости электрона, завести физику в тупик, из которого современная физика все еще окончательно не вышла. Далее, углубляя и применяя в различных направлениях представления Максвелла, облеченные им в новую форму, Лорентц многое сделал для показа необходимости фундаментального пересмотра наших представлений о пространстве и времени. Будучи сильно привязанным к классической форме мышления, Лорентц предоставил Эйнштейну славу осуществления этого пересмотра, несмотря на то что он ясно осознавал его важность. Лорентц всегда относился к подобному пересмотрю с некоторой сдержанностью. Однако кто решится утверждать, что автор преобразования Лорентца и сокращения Лорентца — Фитцджеральда не сыграл важной роли при зарождении теории относительности? И если знаменитый голландский физик активно вмешивался в развитие квантовой теории, делая критические замечания или выдвигая возражения, то можно утверждать, что, глубоко сознавая недостаточность методов, автором которых он являлся, при изучении излучения абсолютно черного тела, Лорентц ясно понимал необходимость новых представлений, введенных Максом Планком, и не переставал думать над ними и следить за их развитием.

Итак, творчество Г. А. Лорентца одновременно характеризовалось полным триумфом классических методов и, вводя червяка в яблоко, в значительной степени способство-

вало наступлению великого кризиса, плодом которого явились современные представления теории относительности и квантовой теории. Его труды не перестают быть захватывающе интересными, и, поскольку Лорентц был иностранным членом нашей академии с 1910 года до своей смерти в 1928 году, вполне естественно посвятить ему в нынешнем году одно из наших заседаний, которое на некоторое время позволит воскресить в нашей памяти образ и труды нашего великого покойного коллеги по академии.

* * *

Гендрик Антон Лорентц родился в Арнеме 18 июля 1853 года. Его отец принадлежал к третьему поколению Лорентцев — выходцев из прирейнской Германии, обосновавшихся в Голландии. Лорентцы были земледельцами и приобрели своим трудом некоторый достаток. Геррит Фредерик Лорентц, отец Гендрика Антона, не обладал высокой общей культурой, но был человеком очень умным и одаренным замечательной памятью, которую его сын унаследовал.

Высокими умственными способностями, которые позднее проявил молодой Лорентц, обладали и другие члены его семьи. Например, его двоюродный брат Хенни (сын сестры его отца) был весьма видным инженером; он приобрел широкую известность в Соединенных Штатах и даже едва не стал послом Соединенных Штатов в Голландии.

Мать Лорентца, родом из голландской семьи, умерла молодой. Она дважды была замужем и от первого брака имела сына. От второго брака, с Герритом Фредериком Лорентцем, она имела двух сыновей, старший из которых был наш будущий великий коллега по академии, а второй умер в детстве. Оставшись вдовцом, когда его старшему сыну не было еще и 9 лет, отец Лорентца женился вновь. Его вторая жена не заслуживала презрительного имени мачехи, поскольку она всегда была очень добра к обоим сыновьям своего мужа.

Веселый и жизнерадостный, Гендрик Антон был спокойным и послушным ребенком, но не отличался крепким сложением. С самых первых дней своей учебы в начальной школе он показал себя очень хорошим учеником. Впрочем, ему повезло: у него был замечательный учитель, который дал ему прекрасное начальное образование и которому он на протяжении всей своей жизни был весьма признателен

за этот первоначальный толчок. Тринадцать лет он поступил в современную среднюю школу, которые только что были открыты в Голландии, и был сразу принят в третий класс. Тут у него сразу же обнаружились способности к математике и физике. В 1869 году, 16 лет, он перешел в пятый и последний класс средней школы. Школы такого типа в то время были мало распространены в Голландии, и в классе Лорентца было только три ученика! Один из них, де Йонг, позднее уехал в Голландскую Индию, был администратором на Яве и умер молодым. Второй однокашник Лорентца, Хага, получил вместе с ним высшее физическое образование, стал профессором Гронингенского университета и завоевал некоторую известность в научных кругах, впервые доказав волновую природу рентгеновских лучей. Под руководством квалифицированных учителей, умевших мыслить самостоятельно (преподаватель химии пользовался на уроках атомной символикой, в то время еще далеко не общепризнанной), Гендрик Антон вместе со своими товарищами овладевал основами наук и иностранными языками (поскольку средние школы давали современное образование, греческий и латинский языки не изучались). Очень смышленый, понимающий все с полуслова, Лорентц часто бывал репетитором для своих товарищей и помогал им понять то, что преподаватель иногда недостаточно ясно объяснял. Выдержав выпускной экзамен, Лорентц и Хага решили получить высшее образование и начали готовиться к вступительным экзаменам в Лейденский университет.

Но для того чтобы выдержать эти вступительные экзамены, нужно было сдать экзамен по древним языкам. Поэтому Лорентц был вынужден посвятить восемь месяцев изучению греческого и латинского языков. Несмотря на непрерывность занятий классическими языками, гибкость ума позволила Лорентцу овладеть этими двумя языками с таким мастерством, что даже сорок лет спустя он еще легко писал стихи на латинском языке. Итак, без труда выдержав вступительный экзамен, в 17 лет он стал студентом Лейденского университета и в 1871 году, лишь через год учебы, что было исключительным случаем, получил диплом кандидата наук с отличием, *magna cum laude*, как еще выражаются во многих зарубежных университетах. Во время учебы в университете Лорентц жил довольно обособленно, у него было лишь несколько товарищей, с которыми он иногда совершал прогулки, сопровождавшиеся долгими беседами.

Но вскоре им овладело желание вернуться в свою семью в Арнем; ему казалось, что у него не хватает вкуса к работе в коллективе и преобладает влечение к размышлению в одиночестве, которое, впрочем, сохранилось у него на всю жизнь.

Однако для завершения своего образования он начал второй год обучения в Лейдене, и в этом году произошел случай, который, видимо, имел большое значение для его будущей интеллектуальной ориентации. Библиотека физической лаборатории в Лейдене получала печатные работы Максвелла, но эти работы читались очень мало, потому что в них развивались новые, в то время не общепринятые идеи и, может быть, также потому, что они были насыщены сложными математическими выкладками, сравнительно мало известными в то время физикам; иногда конверты, в которых они приходили, даже не были распечатаны! Молодой Лорентц с энтузиазмом принялся за их чтение и, поскольку ими никто не интересовался, перевез их в Арнем. Ему было 20 лет, когда его гибкий созревающий ум испытал неизгладимое воздействие идей великого английского теоретика.

Вернувшись в свою семью в Арнем, Лорентц получил место преподавателя в вечерней школе, которую посещали лишь хорошо успевавшие по всем предметам ученики. Обучение молодых людей, почти столь же ученых, как и учитель, было довольно легким делом, и у Лорентца оставалось много свободного времени, которое он использовал для подготовки своих последних экзаменов в университете и написания докторской диссертации об отражении и преломлении света в электромагнитной теории, работы, к которой мы еще будем иметь повод вернуться. В 1875 году, защитив диссертацию, он получил степень доктора наук, опять с похвальным добавлением *magna cum laude*.

Тогда-то голландские университеты начали спорить из-за столь талантливого молодого человека и предлагать ему кафедры. Уtrecht предложил ему преподавать математику, Лейден — теоретическую физику. Он предпочел Лейден и теоретическую физику; в этом спокойном университетском городке он прожил с тех пор большую часть своей проведенной в упорном труде жизни. Он начал вести здесь важные исследования, о которых мы будем говорить ниже, и подружился с сыном астронома Ф. Кайзера, молодым человеком его возраста и уже женатым, и в доме этой

молодой супружеской пары он познакомился с двоюродной сестрой своего друга, племянницей астронома, Мессой Кайзер, отец которой, профессор Академии изящных искусств и директор Национального музея живописи, жил в Амстердаме. В 1881 году Г. А. Лорентц женился на Мессе Кайзер и приобрел красивый старый дом в Лейдене, где поселился и долгие годы мирно занимался своими исследованиями.

Очень любя преподавание, Лорентц взял на себя в Лейденском университете большую педагогическую нагрузку. Он не только читал курс теоретической физики, но, чтобы разгрузить своего коллегу и друга Камерлинг-Оннеса, взял на себя часть преподавания экспериментальной физики и вместе с небольшим числом сотрудников организовал учебные практикумы для студентов. Он даже долгое время читал физику для будущих медиков.

Он оказал так много услуг медицинским кругам, что к концу своей деятельности, в 1925 году, по случаю пятидесятилетней годовщины защиты докторской диссертации, получил довольно оригинальное поздравление: ему была присвоена степень доктора медицины *honoris causa*. Все эти обязанности не мешали ему выпустить в свет много учебников, и даже учебник по дифференциальному и интегральному исчислению для физиков и химиков. Если еще при этом учесть, что в то же самое время он выполнил очень много оригинальных работ на самые трудные темы теоретической физики того времени, то можно себе представить, сколь велика была его работоспособность.

В 1905 году, когда Лорентц стал известным среди ученых всего мира, он получил лестное приглашение от Мюнхенского университета, предложившего ему кафедру на гораздо более благоприятных условиях по сравнению с условиями, которые он имел в Лейдене. Но Лорентц отказался от сделанного ему соблазнительного предложения, будучи сильно привязан к Голландии и к спокойной, уединенной жизни, которую он там вел. Голландское правительство, тронутое такой верностью, решило освободить его от некоторых преподавательских обязанностей, и в 1906 году к нему был назначен помощником профессор Кюнен, ученик Камерлинг-Оннеса.

Через несколько лет Лорентц покинул Лейден и переселился в Гарлем, где получил пост попечителя Музея Тейлера,—должность, примерно аналогичную должности

президента Королевского общества в Лондоне, но он остался экстраординарным профессором Лейденского университета. И даже когда Лорентцу исполнилось 70 лет и он получил законное право на отставку, он договорился, что будет продолжать читать свой курс; он прекратил его читать лишь за несколько недель до своей смерти. Лорентц скончался в Гарлеме после непродолжительной болезни 4 февраля 1928 года, окруженный всеобщим почетом и уважением.

Сделанный мною очерк спокойной и трудолюбивой жизни ученого не дает достаточного представления об огромной научной известности, которой фактически пользовалось его имя: причины этой известности заключаются в глубине и важности его работ по теоретической физике.

* * *

До Максвелла, со времен Френеля, распространение света, как и распространение звука, пытались свести к распространению колебаний, то есть к движению. Но в случае света эта идея натолкнулась на более серьезные трудности, чем в случае звука. Нужно было не только вводить существование гипотетической среды, эфира, который проникал бы во все тела и присутствовал бы в вакууме (свет без труда распространяется в вакууме), но, поскольку Френель показал, что световые волны являются поперечными волнами, нужно было также приписать этому эфиру свойства неожи-маемой среды. В таком случае эфир представлялся средой с парадоксальными свойствами, ибо, будучи более твердым, чем сталь, он тем не менее не должен был оказывать сопротивления движущимся в нем телам, например планетам. Особая трудность возникала в теории отражения и преломления света, когда ее хотели вывести из механики, поскольку отсутствие в данном случае продольных волн не позволяло строго записать шесть граничных условий для механического движения на поверхности раздела двух сред, на которой происходят отражение и преломление.

Этой последней проблемой Лорентц занялся в 1875 году в своей докторской диссертации. Он показал, что в теории Максвелла вопрос ставится иначе, чем в старой механической теории света. На поверхности раздела двух преломляющих сред в теории Максвелла, в отличие от механической теории, накладывающей на распространение световых волн

шесть граничных условий, которым невозможно удовлетворить без введения продольных волн, накладываются лишь четыре условия непрерывности для тангенциальных составляющих электрического поля и магнитного поля; этим четырем условиям можно удовлетворить без введения продольных волн, введя лишь поперечные. Конечно, результат Лорентца не позволял еще построить механическую теорию света, но он сводил проблему ее построения к проблеме построения механической теории электричества и показывал преимущества точки зрения Максвелла.

Однако этой первой работы молодого Лорентца было недостаточно, для того чтобы работы оригинального английского ученого стали известными и получили надлежащую оценку; они оставались мало известными и не были в достаточной степени оценены. Как известно, серьезное внимание физиков к теории Максвелла было привлечено работами Генриха Герца. Герц не только придал теории Максвелла более простую и стройную математическую форму, чем та, в которую облек ее автор, но с помощью известных опытов он установил, что электрические колебательные системы излучают электромагнитные волны, свойства которых полностью аналогичны свойствам световых волн, и, таким образом, подвел экспериментальную базу под гениальное предположение Максвелла, согласно которому световые волны являются лишь частной разновидностью электромагнитных волн, соответствующей некоторому интервалу значений длин волн.

Но, несмотря на блестящий успех Герца в разъяснении и подтверждении идей Максвелла, последние в ряде пунктов оставались неполными и мало удовлетворительными. Так, Максвелл вводил для характеристики материальных тел такие константы, как диэлектрическая проницаемость, магнитная восприимчивость, электропроводность, не давая никакого объяснения их происхождению. Он ясно показал, что показатель преломления тела должен быть равен квадратному корню из значения его диэлектрической проницаемости, но это интересное следствие не могло, очевидно, быть строгим, и его можно проверить лишь в том случае, если рассматриваемое тело не обладает дисперсией, то есть если его показатель преломления не зависит от длины волны распространяющегося в нем света. Теория Максвелла не давала никакого объяснения явлению дисперсии, и создавалось впечатление, что нужно было приложить много усилий, чтобы связать электромагнитные и оптические свойства тел

со специфическими особенностями структуры их вещества. Впрочем, можно было надеяться, что такие усилия могли бы дать и ответ на загадку, которая не получила в трудах Максвелла и Герца никакого решения, загадку, которую можно сформулировать следующим образом: если предположить (это вполне естественно), что эфир увлекается при движении тел, то и свет в движущемся теле должен увлекаться телом при движении, но известные опыты Физо по распространению света в движущихся преломляющих телах показали, что по крайней мере в тела, показатель преломления которых близок к 1, свет распространяется в движущихся телах так, как если бы эфир был неподвижным. Все эти трудности и возражения, конечно, были хорошо известны Лорентцу, который, будучи страстным поклонником идей Максвелла, горел желанием полностью их подтвердить, дополнив их в случае надобности введением новых представлений.

Существенная идея, которая возникла тогда у Лорентца, состояла во введении атомистики в рамки теории Максвелла. Убежденный в атомистическом строении вещества, Лорентц пришел к выводу, что этот атомизм справедлив также и в случае электричества, и допустил, что в поля теории Максвелла, понимаемые как простирающиеся в однородном и неподвижном эфире, следует ввести электрические заряды дискретной структуры, которые служили бы источниками полей и подвергались бы их воздействию. Эти идеи оказались в полном согласии со сделанными в то время открытиями в области исследования ионов и катодных лучей. Для обозначения элементарных частиц Лорентц использовал родовое имя *электроны*, которое позднее было закреплено за катодными частицами, то есть за частицами отрицательного электричества. Таким образом, Лорентц называл дополненную им теорию Максвелла *теорией электронов*.

Конечно, с известной точки зрения идеи Лорентца свидетельствовали о возвращении назад, о некотором отречении от представлений, которыми руководствовался сам Максвелл, так как Лорентц, таким образом, отказывался от построения замкнутой теории электромагнитного поля, поскольку он вводил в это поле электрон как инородное тело. Лорентц сам признавал это, когда писал в 1895 году, разрабатывая теорию электронов: «Впрочем, в предлагаемой мною гипотезе имеется в некотором смысле возврат к старой теории электричества. Сущность представлений

Максвелла остается, но нельзя отрицать, что, допуская существование ионов, мы недалеко отходим от наэлектризованных частиц, о которых прежде рассуждали».

Уточняя эти представления, наш будущий коллега по академии допускал, что все вещество имеет атомистическую структуру и что оно содержит электричество в виде дискретных частиц. Эти частицы способны присоединяться к нейтральным атомам или молекулам вещества, образуя при этом ионы. Атомы, электроны и ионы свободно перемещаются в эфире, и свойства вещества должны зависеть статистически от способа их взаимодействий, а также их взаимодействий с окружающим излучением. В теории Максвелла существенными величинами для описания электромагнитных процессов являются поля, электрическая и магнитная индукция, заряды и электрические токи — величины, которые можно измерить хорошо известными методами, исследуя макроскопические явления. В своей теории электронов Лорентц пытался более тонко описать электромагнитные поля, рассматривая поля, существующие внутри вещества в пустых пространствах, разделяющих наэлектризованные частицы, и даже внутри этих частиц. Лорентц допустил, что при этом строгом описании электромагнитных полей не нужно различать поля и индукции: различие между полем и индукцией возникает в действительности из способа, каким вещество способно реагировать, поляризясь под действием электрического или магнитного поля, которое на него накладывается извне, причем эта индуцированная поляризация, будучи суммарным явлением, способна проявляться в виде усредненного эффекта в макроскопическом масштабе, но не может существовать в масштабе атомов и электронов. Описанные Максвеллом поля внутри материальных тел, поля, которые, вообще говоря, меняются довольно медленно, по крайней мере в масштабе атомов, по мнению Лорентца, являются лишь «средними» полями: истинные поля — поля, которые существуют между наэлектризованными частицами или в самих частицах, очень быстро изменяются в масштабе атомов, а максвелловские поля представляют лишь их средние значения. То же самое справедливо для зарядов и для токов: тогда как для Максвелла плотность электрического заряда, распределенного по объему материального тела, является непрерывной функцией, иногда даже константой внутри тела, с более строгой точки зрения Лорентца истинная плотность заряда очень

резко меняется внутри наэлектризованного тела, поскольку она ничтожна в промежутках между наэлектризованными частицами, содержащимися в материальном теле, но обладает отличными от нуля значениями и, может быть, даже очень велика внутри этих частиц. Аналогичные замечания справедливы и для плотности тока, поскольку электрический ток не является более непрерывным потоком однородной электрической жидкости, а представляет собою совокупное движение множества наэлектризованных частиц. Итак, Лорентц определил величины (поля, плотности заряда и тока), соответствующие этим представлениям, величины «мелкие» или «микроскопические», заменившие «макроскопические» величины теории Максвелла. Пользуясь смелой экстраполяцией, он допускает, что эти микроскопические величины подчиняются уравнениям, имеющим ту же форму, что и уравнения Максвелла, но в них, разумеется, поле и индукция не различаются. Эта экстраполяция оправдана тем, что, если взять средние микроскопические электромагнитные величины в достаточно обширной области материального тела, в которой обязательно содержится огромное количество наэлектризованных частиц, то автоматически получаются макроскопические уравнения Максвелла, что и должно быть, так как известно, что они точно объясняют электромагнитные свойства материальных тел макроскопического масштаба. И при этом замечательном переходе от микроскопического к макроскопическому средний эффект поляризации вещества требует классического различия между полями и индукциями, проявляющегося в макроскопическом масштабе.

Таким образом, Лорентц получил достаточную математическую основу для своей теории электронов. Тогда он смог легко показать, что его уравнения, так же как и уравнения Максвелла, позволяют доказать сохранение электричества и объяснить с помощью вектора Пойнтинга¹ сохранение и поток электромагнитной энергии; но, тогда как Максвелл получил эти результаты лишь в грубом макроскопическом приближении, соответствующем непосредственным данным наших чувств, Лорентц показал их справедливость и на очень малых расстояниях внутри структур вещества.

¹ Вектора Умова — Пойнтинга.— Прим. перев.

Начав столь блестяще свой путь, молодой голландский физик почувствовал, что он может идти дальше своих предшественников. Действительно, он располагал в то время четкой картиной происходящего на очень малых расстояниях в недрах вещества и, получив уравнения, которые, видимо, точно описывают эволюцию этих тонких явлений, мог с их помощью детально изучать поведение вещества при прохождении электромагнитной волны или действии внешних полей и определять состояние возникающей при этом электрической или магнитной поляризации. Таким образом, он без труда обосновал введение в макроскопическую теорию диэлектрической проницаемости и магнитной восприимчивости, но он пошел еще дальше. Действительно, он счел вполне естественным предположить, что электроны, входящие в состав атомов вещества, находятся в положениях равновесия и что, если их немного вывести из этого положения, они могут колебаться вокруг него. Такому сведущему математику, каким был автор теории электронов, очень легко было вычислить движение электрона под действием падающей электромагнитной волны. Этот расчет позволил Лорентцу найти закон дисперсии в прозрачных телах, вычислить критические частоты и области аномальной дисперсии, уже известные в то время из эксперимента. Правда, старая теория света позволила Гельмгольцу получить такую же форму закона дисперсии, но вывод Лорентца, по-видимому, дал ему основу, гораздо больше соответствующую истинной природе явления, и, кроме того, представлял собой очень интересное электромагнитное истолкование входящих в этот закон констант.

Формула дисперсии, полученная Лорентцем, позволила ему сразу же вывести так называемую формулу Гладстона — Даля, которая связывает показатель преломления рассматриваемого тела с его плотностью, а затем, в порядке приближения, справедливого, когда показатель преломления близок к 1, более простую формулу, полученную еще Лапласом. Но Лорентц понял, что для лучшего согласования с экспериментальными фактами проблему необходимо рассмотреть более строго. До этого он фактически рассматривал только действие падающей электромагнитной волны на каждый электрон, но, поскольку вещество в результате этого действия поляризуется, каждый электрон в действительности подвергается действию не только электрического поля волны, но также и действию электрических полей,

создаваемых всеми маленькими диполями, возникающими как раз в результате поляризации. При условии выполнения некоторых условий изотропии, справедливость которой кажется очевидной в случае аморфных тел, Лорентц показал, что если n обозначает показатель преломления тела, то величина $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$ должна быть пропорциональна плотности. Эта формула, известная под названием формулы Лорентца—Лоренца, легко проверяется, когда выполняются условия, на которых основывается ее доказательство.

Сейчас я хочу сделать небольшое отступление в связи с довольно забавным эпизодом из истории физики. Почему упомянутая мною знаменитая формула носит двойное название Лорентца—Лоренца? Потому что была получена почти одновременно голландским ученым Гендриком Антоном Лорентцем, о котором сейчас идет речь, и известным датским ученым по имени Людвиг Валентин Лоренц (без т!). Лорентц всегда с улыбкой упоминал об этом совпадении. Он говорил: «Открытие одной и той же формулы в одно и то же время двумя учеными, носящими почти одну и ту же фамилию, является очень любопытным случаем с точки зрения теории вероятностей». Но если исследовать этот вопрос более внимательно, то между творчеством Лорентца голландского и творчеством Лоренца датского можно обнаружить еще некоторые точки соприкосновения. Людвиг Лоренц, родившийся в 1829 году и умерший в 1891 году, был на двадцать пять лет старше Гендрика Антона и в 1860—1870 годах, когда его однофамилец был еще подростком, провел параллельно с Максвеллом очень глубокие исследования в области электромагнитной теории. В ходе одного из таких исследований, в 1867 году, он показал, как нужно интегрировать уравнения распространения электромагнитного поля, введя величины, называемые ныне «запаздывающими потенциалами».

Позднее, развивая свою теорию электронов, Г. А. Лорентц, опираясь на одно доказательство Кирхгофа, также использовал запаздывающие потенциалы, чтобы вывести из наличия и движения электронов электромагнитное поле в окружающем пространстве. Использование запаздывающих потенциалов великим создателем теории электронов привело к тому, что часто явно или неявно ему приписывалось открытие или по меньшей мере применение этого мощного математического средства в случае электромагнит-

ногого поля. Эта часть, бесспорно, принадлежит Людвигу Лоренцу, но это нисколько не умаляет славы Гендрика Антона Лорентца, труды которого сыграли фундаментальную роль в развитии современной физики. Что же касается признания приоритета в открытиях, сделанных по некоторым вопросам его датским однофамильцем, то труды датчанина, весьма замечательные и подчас плохо известные, из-за забавного совпадения часто путаются с его, Лорентца, трудами.

Именно с помощью запаздывающих потенциалов нашему покойному иностранному коллеге по академии удалось прекрасно описать испускание излучений веществом. Если один из электронов, которые, согласно точке зрения Лорентца, находятся в атомах вещества, отклоняется от своего положения равновесия и начинает совершать гармонические колебания около этого положения, то, как показал Лорентц, возникает излучение электромагнитной энергии в виде расходящейся сферически-симметричной волны, а частота излучения оказывается в точности равной частоте периодического движения испускающего электрона. Естественно, что, поскольку электрон испускает лучистую энергию, закон сохранения энергии требует, чтобы его движение постепенно затухало. Это затухание должно быть обусловлено силой или реакцией, которую излучение оказывает на испускающий электрон и которая тормозит его движение. Лорентц правильно учел наличие этой «реакции излучения», но для уточнения расчета он должен был ввести довольно произвольные гипотезы относительно строения электрона, что придает этому разделу его теории несколько преходящий характер. Но это, по сути дела, не так уж важно; существенное было показано на основе общих уравнений теории электронов, а именно было показано наличие механизма излучения электромагнитной энергии, основой которого является движение наэлектризованных частиц, входящих в состав вещества, механизма, который казался вполне подходящим для объяснения испускания излучения веществом, в частности испускания света раскаленным источником. Сегодня мы знаем, что полученная Лорентцем картина излучения электроном, строго говоря, совершенно неверна: электрон испускает излучение не непрерывно и равномерно, как полагали тогда, а дискретно, квантами, когда электрон вещества переходит скачком из одного квантового состояния в другое. Действительность оказалась,

таким образом, совершенно не соответствующей взглядам Лорентца. Однако, как показал позднее Бор, развивая свой принцип соответствия, формулы, полученные Лорентцем, продолжают иметь широкое поле применения и, следовательно, весьма полезны. Действительно, если индивидуальный акт испускания излучения электроном является квантовым процессом, совершенно отличным от процесса, рассматривавшегося Лорентцем, то все же, когда в объеме вещества происходит огромное количество квантовых процессов излучения, формулы Лорентца часто довольно точно описывают, статистически и суммарно, распределение и структуру испускаемого излучения. Это имеет место потому, что классическая электромагнитная теория (в виде теории электронов Лорентца) сохраняет свою ценность в асимптотическом случае очень большого числа квантовых процессов, которые она способна объяснить, если речь идет о средних величинах, уравнениями Максвелла, описывающими макроскопические электромагнитные процессы.

Более того, в некоторых индивидуальных квантовых явлениях испускания, которые в принципе должны истолковываться квантовой теорией, оказывается, что квантовая постоянная, постоянная Планка, не входит в окончательный результат и что этот результат оказывается тождественным с результатом в неквантовой теории Лорентца. Счастливой случайности такого рода Г. А. Лорентц обязан и наибольшим успехом в своей карьере теоретика — точным предсказанием нормального эффекта Зеемана, успехом, за который он получил вместе с Зееманом Нобелевскую премию по физике в 1902 году.

Лорентц, допускавший, что испускаемый светящимся источником свет возникает, согласно механизму классического типа, который он изучал, в результате движения электронов внутри источника, заметил, что, если источник помещен в однородное магнитное поле, движение его электронов будет возмущено, а излучаемые им спектральные линии должны измениться. Произведя расчеты, он объявил, что действие магнитного поля, когда оно приложено перпендикулярно направлению распространения света, состоит в расщеплении по частотам каждой спектральной линии на симметричный триплет, причем частота средней линии совпадает с частотой линии в отсутствие поля, а частоты боковых линий соответственно либо увеличиваются, либо уменьшаются по отношению к частоте средней линии на одну и ту

же величину, которая линейно зависит от величины магнитного поля, а также от констант заряда и массы электрона. Это замечательное предвидение было проверено в 1896 году известными опытами соотечественника и друга Лорентца, физика Питера Зеемана, который впоследствии тоже был одним из иностранных членов нашей академии. Опыт Зеемана не только явился, видимо, решающим подтверждением теоретических представлений Лорентца, но и позволил отождествить электроны Лорентца с электронами катодных лучей. Именно тогда был идентифицирован электрон в том смысле, который мы сегодня придааем этому слову; стало ясно, что он играет существенную роль в строении атомов и в испускании излучений веществом.

Нужно заметить, что, как мы уже говорили выше, строящая теория эффекта Зеемана должна строиться с помощью квантовых теорий излучения, и лишь благодаря тому счастливому случаю, что постоянная Планка не входит в конечный результат, последний совпадает с результатом, полученным на основе классической теории Лорентца. Второй счастливый случай состоял в том, что Зееман в своих экспериментах сразу обнаружил нормальный триплет, предсказанный Лорентцем. В действительности лишь в исключительных случаях эффект Зеемана является нормальным, то есть имеет простой вид, описанный Лорентцем. Вообще говоря, действие магнитного поля вызывает гораздо более сложное расщепление спектральных линий, чем классический триплет, и физики долго не могли разобраться в более сложных формах этих «аномальных» эффектов Зеемана, которые встречаются чаще всего, и понять их законы. Как это видно особенно из книги, посвященной теории электронов, Лорентц приложил много усилий для объяснения аномальных эффектов Зеемана, когда узнал об их существовании. Но усложнения, которые он для этого ввел в свою первоначальную теорию, не дали никакого поистине удивительного результата, и лишь гораздо позднее введение в описание электрона нового элемента — спина — позволило понять истинное происхождение аномалий эффекта Зеемана.

Предсказание нормального эффекта Зеемана было не единственным большим достижением теории Лорентца. С ее помощью были найдены формулы Френеля для отражения света от поверхности полупрозрачных тел, построена теория поглощающих сред, теории диамагнетизма, парамагнетизма

и ферромагнетизма, было истолковано множество электрооптических и магнитооптических явлений. Конечно, Лорентц сам весьма во многом содействовал успеху своей теории, но и другие ученые, привлеченные ее успехом, последовали по тому же пути и сделали ряд важных, связанных с нею, исследований. В частности, можно отметить немецкого ученого Пауля Друде и нашего коллегу по академии Поля Ланжевена¹; раньше мы уже анализировали их замечательные работы, выполненные как продолжение работ Лорентца.

Лорентц много занимался также электропроводностью и теплопроводностью металлов, пытаясь истолковать их с помощью электронной теории. Это истолкование, начатое Друде, привело не только к очень хорошим результатам, но и к ряду трудностей. Лорентц самым строгим образом проанализировал работы Друде, проверил и уточнил его результаты, но не смог устраниТЬ все возникшие у последнего трудности, в частности трудности, касающиеся значения константы, входящей в закон Видемана — Франца. В данном случае пришлось ждать появления квантовой теории и, в частности, развития новых квантовых статистик для преодоления некоторых трудностей, возникших в электронной теории металлов.

Г. А. Лорентц работал во всех отраслях теоретической физики своего времени и опубликовал массу оригинальных работ по различным вопросам и учебных пособий. Он занимался кристаллографией, внимательно изучал термодинамику и ее статистическое истолкование. И сегодня еще не утратили своей поучительности его прекрасные доклады о статистической теории термодинамики, которые он сделал в Париже в Коллеж де Франс в ноябре 1912 года и которые были опубликованы на французском языке; они показывают, что Лорентц очень ясно мог излагать самые сложные вопросы. Мы не будем останавливаться на этих второстепенных сторонах творчества Лорентца; мы хотим сейчас проследить, какова была его позиция по отношению к двум новым великим доктринаам, которые начиная примерно с 1900 года привели к полному преобразованию теоретической физики: к теории относительности и квантовой теории.

¹ См. L. de Broglie, Savants et Découverts, Albin Michel, 1951, p. 233.

Работа Лорентца по электронной теории вещества фактически явилась одной из тех работ, которые больше всего подготовили почву для зарождения релятивистских идей Альберта Эйнштейна. Первый важный шаг в этом направлении был сделан тогда, когда было замечено, что излучению нужно приписывать не только энергию, но и количество движения. Анри Пуанкаре, анализируя и критикуя теорию Лорентца, пришел к выводу, как это видно из его книги «Электричество и оптика», что проделанный Лорентцем расчет испускания и поглощения излучения электронами в принципе не удовлетворяет закону сохранения количества движения, поскольку во время испускания некоторое количество движения как бы исчезает и появляется лишь позднее, в момент поглощения. Пуанкаре сначала считал этот факт серьезным возражением против представлений Лорентца, но потом признал, в соответствии с указанием немецкого физика Макса Абрагама, что можно «спасти» сохранение количества движения, приписав импульс излучению, которое переносит лучистую энергию от испускающего к поглощающему электрону. Это было новой идеей, представлявшей очень большой интерес и оказавшей, несомненно, весьма большое влияние на ход мыслей Эйнштейна; она очень сильно способствовала возникновению у гениального автора теории относительности его фундаментальных представлений об инертности энергии, о квантах света и об энергетическом равновесии при обмене квантами между светом и веществом.

Но невольным, если можно так сказать, предшественником релятивистских представлений сделали Лорентца его исследования проблемы эфира и связанных с ней трудностей. Великий лейденский физик всегда допускал существование эфира, который служил бы основой электромагнитных полей и их распространения. Является ли этот эфир всегда неподвижным или он более или менее полностью увлекается при движении материальных тел, погруженных в него? Опыты Физо по распространению световых волн в преломляющих движущихся телах и формулы Френеля, описывающие их результат, на первый взгляд, казалось, свидетельствуют о частичном увлечении эфира преломляющими телами. Но Лорентц получил формулу Френеля на основе истолкования реакции электронов, входящих в состав движущегося преломляющего тела, на световую волну, которая проходит через него; это позволило ему выдвинуть простую гипотезу о том, что эфир всегда неподвижен.

Но если это так, то весь эфир как таковой должен определять систему отсчета, имеющую абсолютный характер, и с помощью оптических или электромагнитных явлений можно было бы определить движение материального тела по отношению к эфиру. Но опыт ни в коей мере не допускал наличия такого движения. В то время, когда Лорентц начал свои работы, это отсутствие наблюдаемых эффектов не представлялось существенной трудностью: в самом деле, из изящной теоремы, основное положение которой принадлежало Стоксу, следовало, что если v и c соответственно обозначают скорость материального тела и скорость света относительно эфира, принимаемого за неподвижный, то оптические эффекты, возникающие при движении тела относительно эфира, строго говоря, ничтожны, если ограничиться величинами первого порядка малости, то есть если оставить только члены порядка $\frac{v}{c}$, так что наблюдаемые эффекты были бы только порядка $\frac{v^2}{c^2}$. Итак, скорости материальных тел макромира и даже скорости планет при их движении по орбитам всегда очень малы по сравнению со скоростью света в пустоте, и точность экспериментов, осуществленных до 1880 года, не позволяла надеяться обнаружить оптические эффекты порядка величины $\frac{v^2}{c^2}$. Таким образом, эксперимент не находился в противоречии с теорией неподвижного эфира. Но развитие очень точных интерферометрических методов позволило впоследствии измерять величины порядка $\frac{v^2}{c^2}$. Выдающемуся американскому физику Майкельсону в сотрудничестве с Морли удалось в 1881—1887 годах установить, что, проводя измерения даже с такой точностью, нельзя обнаружить никакого заметного влияния движения Земли по орбите на интерференционные явления, которые можно наблюдать в лаборатории. На этот раз противоречие между теоретическими предсказаниями и фактами стало очевидным. Впрочем, другие эксперименты, чисто электромагнитного характера, например опыты русского физика А. А. Эйхенвальда, подтвердили отсутствие эффектов порядка $\frac{v^2}{c^2}$.

Естественно, Лорентц был очень взъярен на подобной неудачей защищаемых им представлений. Ему было не легко придумать выход: можно было бы, очевидно, сослаться на линейный характер уравнений Лорентца и по-

пытаться, как это сделал несколько лет спустя Макс Борн, построить «нелинейную электромагнитную теорию», по отношению к которой линейный электромагнетизм Максвелла и Лоренца представлял бы лишь первое приближение, справедливое в случае слабых полей. Но дорога казалась с этой стороны закрытой, так как в оптических явлениях, где обнаруживается отсутствие ожидаемых эффектов, электромагнитные поля всегда являются очень слабыми. Не зная, каким образом истолковать отрицательный результат Майкельсона, Лорентц, наконец, обратился к оригинальной гипотезе, выдвинутой англичанином Фитцджеральдом, согласно которой любое тело при движении в эфире испытывает продольное сокращение, которое, согласно удивительной предопределенной гармонии, имеет как раз необходимую величину для компенсации эффектов движения. Наш коллега по академии, всегда убежденный в существовании эфира, считал это единственное «сокращение Лоренца—Фитцджеральда» реальным эффектом, обусловленным нарушением равновесия внутренних напряжений в движущемся теле, вызванным самим движением этого тела относительно эфира. Анализируя эту сложную проблему, как обычно, весьма глубоко и умело, Лорентц пришел к необходимости определения в каждой точке движущегося тела «локального времени», использование которого сильно упрощало вид всех формул, но удобство использования этого локального времени, которое казалось ему лишь математическим приемом, ни в коей мере не поколебало его веру в существование абсолютного времени, которое признавалось всеми учеными со времен Ньютона. Продолжая свои исследования, он показал, что гипотезы сокращения Фитцджеральда и локального времени вели к выводу, что при переходе от одного наблюдателя к другому, движущемуся прямолинейно и равномерно по отношению к первому, уравнения, которым подчиняются электромагнитные явления (и, в частности, оптические явления), для второго наблюдателя получаются из уравнений, справедливых для первого наблюдателя, путем некоторого линейного преобразования пространственных и временных координат. Это преобразование стало сегодня классическим и известно под названием «преобразований Лоренца».

Но автор всех этих результатов, существенная важность которых была показана с течением времени, продолжал истолковывать их классическим образом и в соответствии с привычными для него представлениями. Поскольку он

приписывал сокращению Фитцджеральда физический смысл явления, обусловленного движением тела относительно эфира, он продолжал верить в существование неподвижного эфира, определяющего преимущественную систему отсчета и, следовательно, пространственных координат, и признавать реальность абсолютного времени. Локальное время и системы координат, для которых он установил группу преобразований, представлялись ему лишь вычислительными приемами, позволяющими представить в более изящной и более удобной форме уравнения теории. Оставалось сделать существенный шаг: отказаться от понятия абсолютного времени; отбросить ставшее бесполезным и даже тягостным представление об эфире; допустить во всей его всеобщности как применимый ко всем физическим явлениям принцип относительности, справедливый в механике, согласно которому эквивалентны все системы отсчета, движущиеся не ускоренно, а равномерно и прямолинейно относительно друг друга; наконец, рассматривать все системы координат, связанные преобразованием Лорентца, как совершенно равноправные и определенные для каждого наблюдателя, а также законные для каждого из них понятия пространства и времени, которые он использует для описания физических явлений. Анри Пуанкаре, весьма критический ум которого остерегался априорных идей, таких, как представление об эфире, не раз был на грани решительного поворота к подобной точке зрения; доказательством этого являются те места из его работ, в которых он, подтверждая, а иногда и исправляя результаты Лорентца, показал их большое значение. Но он также принадлежал к поколению, воспитанному на представлениях классической физики, чтобы отважиться на подобный духовный переворот. Решился на него в 1905 году молодой человек 25 лет; звали этого молодого человека Альберт Эйнштейн.

Лорентц со своей удивительной способностью восприятия новых идей сразу же понял важность представлений и расчетов Эйнштейна. Впрочем, он обнаружил в них результаты, хорошо ему известные, поскольку они вытекали и из его собственных работ, например преобразование пространственно-временных координат, о котором мы уже упоминали, и формулу изменения массы электрона с изменением его скорости, характерную для новой динамики, начиная которой уже были заложены в его исследованиях и в работах Пуанкаре. Лорентц сделал ряд замечательных докла-

дов, в которых с обычной для него ясностью изложил учение Эйнштейна, многое в нем уточнив. И сегодня, когда мы располагаем большим количеством прекрасных изложений идей теории относительности, сделанных выдающимися учеными, чтение лекций Лоренца, посвященных специальной теории относительности, отредактированных его учеником Фоккером и опубликованных на английском и немецком языках, остается весьма поучительным, особенно в силу очень детального и тесно связанного с результатами экспериментов анализа многочисленных вопросов, весьма тонких и зачастую спорных, возникших на почве идей, весьма далеких от наших повседневных интуитивных представлений. Но если Лоренц мог прекрасно углублять и распространять идеи теории относительности, он, без сомнения, всегда оставался немножко сдержаным в вопросе об их интерпретации. Лоренц, несомненно, полностью признавал действенность и практическую полезность математического аппарата эйнштейновской теории, он признавал строгость всех ее выводов, но, казалось, сохранял надежду, что со временем каким-то образом будут найдены в качестве основы этого математического аппарата понятия, лучше согласующиеся, чем понятия Эйнштейна, с понятиями классической физики, служившими ориентиром работ его молодости. Такую позицию часто занимают те, кто значительно продвинул своими исследованиями науку и чувствует, что их превзошли более молодые ученые! Это почти неизбежное следствие способа передачи факела науки от поколения к поколению.

Но если восторженный прием, оказанный нашим коллегой по академии идеям теории относительности, все же был несколько сдержаным, то еще более сдержанно воспринял Лоренц идеи, еще дальше отходившие от идей классической физики, идеи, вошедшие в науку начиная с 1900 года благодаря незабываемым трудам Макса Планка, посвященным излучению абсолютно черного тела и квантам. Лоренц был хорошо знаком с этой грозной проблемой излучения абсолютно черного тела. Путем рассуждения, воспроизведенного в трудах Сольвеевского конгресса по физике 1911 года, он показал, что в полости (*Hohlraum*, как пишут немецкие авторы), где поддерживается постоянная и однородная температура, каждая стоячая волна со статистической точки зрения эквивалентна гармоническому осциллятору; он знал, что этот метод по-

зволяет найти для распределения энергии по частотам в равновесном излучении известную формулу Рэлея, уже найденную другими авторами и другими методами. Он также показал, что флуктуации энергии в излучении абсолютно черного тела, следующие из закона Рэлея, полностью объясняются как результат случайной интерференции волн, происходящей в полости, причем результат получился вполне удовлетворительным. Но ему было также известно, что закон Рэлея находится в резком противоречии с экспериментальными фактами. Он сам привел простой и разительный пример, заметив, что если бы линейный относительно абсолютной температуры закон Рэлея был справедлив, то серебряная полоска, которая светится, будучи нагретой до 1200°C , должна быть видимой в темноте еще при обычной температуре, что, разумеется, совершенно неверно.

Когда Макс Планк, руководимый своею гениальной интуицией, ввел в физику представление о кванте действия и показал, что оно позволило избежать закона Рэлея и прийти при выводе закона спектрального распределения излучения абсолютно черного тела по частотам к формуле, согласующейся с экспериментом, Г. А. Лорентц ясно осознал важность этого открытия и рассмотрел все аспекты новой идеи. Он ясно, но с сожалением, видел, что появление в науке квантов нанесло представлениям классической физики очень тяжелый удар, но не хотел отказываться от надежды включить их в рамки старых, но более или менее гибких представлений.

Он, видимо, с некоторым скептицизмом встретил распространение представления о кванте действия на различные отрасли физики. Когда в 1905 году Эйнштейн развил свои идеи о квантах света, Лорентц почти не скрывал своего неодобрения, поскольку хорошо чувствовал, что такая гипотеза непримирима с классической теорией излучения, и не решался отказаться в этой области от достижений Френеля и Максвелла. Он без труда показал, что существование квантов света, фотонов, с самого начала представляется непримиримым с явлениями дифракции и особенно (на этом настаивал Лорентц) с появлением дифракционных полос Эйри в астрономических трубах, в которые попадает очень слабый поток света, посыпаемый удаленными звездами.

Создатель теории электронов не был неправ, когда заметил наличие больших трудностей на пути примирения фактов, свидетельствующих о волновой природе света, с пред-

ставлением о частице света, вновь введенном в обиход Эйнштейном, и он оказал большую услугу науке, настойчиво сигнализируя о них. Но он был неправ, если думал, что таким образом можно избежать необходимого введения квантования, корпускулярного аспекта, в теорию излучения. Потребовались весьма новые и весьма тонкие представления волновой механики и квантовой физики, для того чтобы мы смогли понять, как нужно разрубить этот гордиев узел.

Лорентц увидел лишь начало этого нового направления квантовой физики, столь резко отличного от направления классической физики. Тем не менее он следил за его развитием с интересом, к которому примешивалось некоторое беспокойство. И именно под его председательством Пятый Сольвеевский конгресс по физике, созданный в Брюсселе в октябре 1927 года, исследовал совокупность появившихся на свет новых взглядов. Он был очень неприятно поражен тем, что новые теории вели к частичному отказу от детерминизма явлений, от строгой локализации в пространстве в любой момент времени микрочастиц, от приписывания этим частицам индивидуальности. Излагая во время дискуссии на конгрессе свое мнение, он сказал следующее: «Картина, которую я хочу создать себе о явлениях, должна быть совершенно четкой и определенной, и мне кажется, что мы можем создать себе подобную картину лишь в рамках представлений о пространстве и времени. Для меня электрон является частицей, которая в заданный момент времени находится в определенной точке пространства, и если у меня возникла идея, что в следующий момент частица вообще находится где-то, я должен подумать о ее траектории, которая является линией в пространстве. И если этот электрон встречается с атомом и проникает в него, а затем после некоторых перипетий покидает этот атом, то я создаю теорию, в которой данный электрон сохраняет свою индивидуальность, то есть я представляю линию, по которой этот электрон проходит через атом». Будучи верным идеалу научных своего времени, он закончил свое выступление, провозгласив свою веру в детерминизм всех явлений. Невозможно более прямо осудить то истолкование явлений, к которому вслед за Бором и Гейзенбергом постепенно присоединились почти все физики.

Развитие науки на протяжении последующих двадцати пяти лет на первый взгляд осудило точку зрения Лорентца и показало (по крайней мере для случая объяснения фак-

тов микромира), что все основные идеи классической физики должны быть коренным образом изменены. Тем не менее, когда всего три месяца спустя после Сольвеевского конгресса осенью 1927 года Лорентц умер, он оставил после себя огромное наследие, истинное завершение классической физики, которое благодаря общему принципу соответствия в духе Бора не перестало направлять исследования физиков даже в квантовой области.

* * *

Настоящий краткий раздел мы посвятим работам Лорентца, относящимся к вопросу, очень далекому от близких для него проблем, работам, которым он посвятил последний период своей деятельности: вопросу осушения Зёйдер-Зе.

В 1918 году голландское правительство решило изучить вопрос о частичном осушении Зёйдер-Зе, целью которого было превратить в культурные земли часть площади, находящейся под водой этого небольшого внутреннего моря. Для этого нужно было провести большие работы, а для проведения этих работ инженеры должны были выполнить объемистые предварительные расчеты.

Голландским общественным властям казалось, что для руководства выполнением этой задачи полезно пригласить видного ученого, известного своим умением проводить расчеты, и они предложили Лорентцу занять пост председателя комитета, которому было поручено подготовить эту огромную работу национального значения. Для великого физика это было новое поручение; оно могло поглотить значительную часть его времени и повредить его чисто научной деятельности. Он это прекрасно сознавал, но, преданный своей родине и убежденный в большой национальной и экономической важности предложенного проекта, все-таки принял предложение.

Эта новая роль Лорентца была очень важна. Инженеры, входившие в состав комитета, председателем которого он был, не могли выполнить все расчеты, необходимые для того, чтобы предусмотреть все последствия перемещения огромных масс воды Зёйдер-Зе. Используя все свои познания в гидродинамике, а также во всех прочих отраслях теоретической физики, Лорентц пришел им на помощь и разработал оригинальные методы проведения расчетов. Возникшие перед ним проблемы были очень трудны, поскольку было

недостаточно решить их в общем виде, нужно было учитывать всю совокупность физических и географических факторов. Так, Лорентц должен был учесть влияние зимнего ветра, когда Зёйдер-Зе полностью замерзает. Нужно также было учесть во время приливов и отливов движение морских волн, которые проникают в Зёйдер-Зе и вызывают интерференционные явления; движение волн трудно предвидеть потому, что географические препятствия, о которых они разбиваются, имеют размеры того же порядка, что длины волн.

Для того чтобы решить эти сложные проблемы, Лорентц разработал новые математические методы. Он сам руководил выполнением численных расчетов; в этой трудной работе ему помогали человек двадцать молодых инженеров, привлеченных им для работы. Легко представить, какого напряжения сил требовали эти занятия, далекие от его работ и физика и преподавателя; они являлись с его стороны настоящей жертвой.

Были получены впечатительные результаты. Было рассчитано изменение высоты морских приливов и отливов вдоль северного берега Зёйдер-Зе как следствие сооружения плотины; расчеты оказались столь удовлетворительными, что после завершения работ уровень воды отличался от расчетного всего на несколько процентов. Оказалась точно вычисленной интенсивность течения во время отлива в канале Амстелдип, который является одним из главных выходов в море из озера Эйселлмер, в которое сейчас превратилось Зёйдер-Зе. Все ожидали, что эта интенсивность уменьшится после осушения, поскольку в оставшемся озере масса воды гораздо меньше массы воды, которая была в старом Зёйдер-Зе. Расчеты Лорентца показали, что сила этого течения не уменьшится, а возрастет на 25% в результате интерференции волн, входящих в оставшееся озеро, и волн, выходящих из него после отражения от берегов Фриза. После завершения работ неожиданный результат Лорентца был полностью подтвержден наблюдением, и этот успех методов известного ученого вызвал живой интерес в инженерном мире. Осушение Зёйдер-Зе было завершено после смерти Лорентца. Но до этого уже была построена плотина, соединившая северную область Голландии с островом Виринген, и Лорентц мог с удовлетворением констатировать, что изменение перемещений воды, вызываемых действием приливов, отливов и ветра, было осуществлено путем частичной запруды, построенной на основе его расчетов.

Завершение после его смерти гигантской работы по осушению полностью подтвердило точность его предсказаний.

Роль Лорентца в осуществлении этой работы национальной важности показала, насколько вмешательство крупного теоретика может иногда быть полезным в чисто технической области. Подсчитано, что в результате работы Лорентца голландское правительство при осуществлении работ по осушению сэкономило 15 миллионов гульденов, или примерно 1500 миллионов франков. Методы, разработанные Лорентцем, до сих пор используются Водной службой Голландии, кроме того, они используются и в других странах.

* * *

В завершение доклада, посвященного творчеству и личности этого очень крупного ученого, остановимся на характеристике его как человека. Лорентц был среднего роста, с крайне живым и проницательным взглядом. Все, кто его знал, вспоминают о его вежливости, о его исключительной приветливости, его благожелательной улыбке. Он обладал феноменальной памятью, прекрасно знал иностранные языки: он превосходно, как на родном языке, говорил по-английски, по-французски, по-немецки.

Лорентц провел большую часть своей жизни в маленьких голландских городах Арнеме, Лейдене, Гарлеме. Он всегда любил спокойную и семейную жизнь, благоприятствующую непрерывной работе его мысли. Впрочем, он испытывал удовлетворение от общества заботливых сотрудников. Его дочь, де Гааз-Лорентц, сначала была его ученицей, затем стала прекрасным математиком и принимала участие в его работах, чем оказывала ему постоянную помощь. Его зять, де Гааз, который в настоящее время является иностранным членом нашей академии, был после Камерлинг-Оннеса директором криогенной лаборатории в Лейдене; ему принадлежит ряд замечательных работ, известных всем физикам. Лорентц всегда с большим интересом следил за работами, выполнявшимися в криогенной лаборатории, поскольку понимал всю важность для науки области очень низких температур.

В течение всей своей жизни наш уважаемый коллега очень любил уединенную работу в тишине, вдали от шума и людских сбοрищ. Он считал, что это самая плодотворная работа. Открывая в октябре 1911 года Первый Сольвеев-

ский конгресс по физике, на котором обсуждались все аспекты тогда еще новой и таинственной теории квантов, он говорил: «Каков будет результат настоящего конгресса? Я не осмелился бы его предсказать, не зная, какие сюрпризы нам уготованы. Но, поскольку благоразумно не рассчитывать на эти сюрпризы, я предпочел бы сказать, что, вероятно, сразу мы не добьемся значительного прогресса. Действительно, прогресс науки является скорее результатом индивидуальных усилий, чем размышлений во время конгресса или совещания; и даже вполне возможно, что, пока мы обсуждаем какую-нибудь проблему, какой-нибудь ученый, работающий в уединении на другом краю света, отыскивает ее решение». Это очень мудрое и глубокое высказывание, над которым полезно поразмыслить в эпоху, подобную нашей, когда, видимо, имеется определенная тенденция возлагать чрезмерные надежды на эффективность международных конгрессов и коллективной работы. Коллективная работа, ставшая необходимой во многих исследованиях, конечно, никогда не заменит интенсивных усилий ума, размышляющего в уединении. Самые большие успехи в науке всегда были обусловлены и, конечно, будут обусловлены усилиями такого рода. Вскоре после Сольвеевского конгресса 1911 года молодой человек, двадцати пяти лет от роду, которого никто и не думал приглашать на этот конгресс, поскольку он был тогда совсем неизвестен, Нильс Бор, сделал в физике решительный шаг, показав, как можно понять структуру атома, введя в физику представления теории квантов. И это было замечательным подтверждением глубоких мыслей Лорентца.

В течение всего первого периода своей жизни Лорентц жил в Голландии, он не был знаком ни с одним иностранным физиком. Позднее, став знаменитым, он совершил ряд поездок на конференции за границу и участвовал в международных конгрессах. Его приветливость, прекрасное знание нескольких европейских языков, дипломатический дар, которым он в значительной степени обладал, а кроме того, его возраст и его известность делали его кандидатуру желательной для председательствования на подобных конгрессах. Когда у бельгийского промышленника Эрнеста Сольвея возникла идея регулярного созыва конгрессов по физике и химии для обсуждения актуальных вопросов, Г. А. Лорентцу, вполне естественно, было поручено подготовить конгрессы по физике и председательствовать на них; это пору-

чение он выполнил авторитетно и с усердием. Так, он вел дискуссии на Сольвеевских конгрессах в 1911, 1913, 1921, 1924 и 1927 годах, из которых наиболее важными были, по-видимому, конгресс 1911 года, посвященный исследованию идей Планка и их развитию, и конгресс 1927 года, на котором были сопоставлены идеи основателей квантовой и волновой механик. Незадолго до конгресса 1927 года, состоявшегося в октябре, на озере Комо состоялся конгресс, посвященный столетию со дня смерти Вольта; на нем обсуждались также вопросы, в настоящее время волнующие всех физиков; председательствовал на этом конгрессе также Лорентц. Наш коллега по академии, несмотря на предпочтение, отдаваемое им индивидуальной работе, признавал важность международных связей, особенно по научным вопросам. Это заставило его принять участие в работах Комитета интеллектуального сотрудничества Лиги наций; незадолго до своей смерти он даже стал его президентом, когда Бергсон покинул этот пост по состоянию здоровья.

Лорентц очень любил Францию и французов. Он часто приезжал в Париж для участия в конгрессах или для чтения публичных лекций. Мы уже упоминали о прекрасном изложении им статистических теорий термодинамики, которое он сделал в Коллеж де Франс в 1912 году. Последний раз он приезжал в нашу столицу в конце октября 1927 года по окончании работ пятого Сольвеевского конгресса (напомню, что ему было суждено умереть в начале февраля следующего года). Тогда мы отмечали столетие со дня смерти одного из наших величайших ученых, Огюстена Френеля. Лорентц всегда восхищался Френелем; он лучше, чем кто-нибудь другой, знал, что Френель своей гениальной работой продолжил и завершил построение этой восхитительной волновой теории света, первая идея о которой принадлежит Гюйгенсу, соотечественнику Лорентца, которым он по праву гордился. Выражая уважение иностранных ученых и участников Сольвеевского конгресса к памяти Френеля, Г. А. Лорентц в своей речи, произнесенной в большом амфитеатре Сорбонны, поделился трогательным личным воспоминанием. «Что касается меня,— говорил он,— я могу сказать, что Френель был одним из учителей, которым я обязан больше всего; я припоминаю, что более полвека назад мои средства не позволяли мне приобрести более солидную книгу по физике, чем обычные учебники. Тогда я раздобыл «Полное собрание сочинений» Огюстена

Френеля в издании Эмиля Верде. Когда я прочел введение Верде, мое восхищение и мое уважение к Френелю смешались с чувствами любви и нежности. А какова была моя радость, когда я смог прочесть самого Френеля и изучить его прекрасные и восхитительные работы во всей их простоте!» Прекрасная похвала Мэтру Света от Мэтра Электронов и, без сомнения, всей французской науке!

Господа, я попытался оживить в вашей памяти в течение этого короткого времени образ великого физика современной эпохи и проанализировать главные направления его завещанного нам творчества. Это творчество знаменует, так сказать, успешное развитие и завершение того периода в истории физики, который простирается с XVII по начало XX века и который мы называем «классической физикой». Оно ознаменовало собой начало великого поворота в истории науки и открыло новым поколениям исследователей новые пути, не всегда совпадавшие с путями, которые Лорентц предвидел или о которых мечтал. В известном смысле можно сказать, что картина атомного мира, данная в его теории электронов, оказалась принципиально неправильной, но, с другой стороны, тонкая и, конечно, правильная идея соответствия, введенная Бором, позволяет сказать, что она сохраняет полностью свое значение в качестве направляющей нити и асимптотического представления явлений, в которых существует большое количество квантов. Так в истории науки часто случается, что идеи, выдвинутые гениальным умом, должны в дальнейшем истолковываться по-разному, не так, как их истолковывал он сам; при этом они не теряют своего глубокого значения и решающей роли для прогресса человеческого познания.

Кто смог бы, впрочем, с абсолютной уверенностью утверждать, что квантовая физика не возвратится в один прекрасный день после ряда блужданий к представлениям детерминизма и объективности, поборником которых до самой своей смерти остался Лорентц и которые так хорошо были выражены им в приведенном мною выше высказывании? Разве история наук не дает многочисленных примеров таких колебаний, случающихся с научными теориями?

Во всяком случае, правильно, что на одном из наших ежегодных собраний мы воскресили в памяти образ великого и благороднейшего Гендрика Антона Лорентца, иностранного члена нашей академии, воздав ему должные почести.