

ибо силовые линии существуют только как физические образования в эфире. Милликэн говорит поэтому (стр. 176): „Хотя это представление, которое мы можем назвать теорией волокнистого эфира, сходно с корпускулярной теорией (теорией истечения. З. Ц.) в том, что энергия, покинувшая испускающее тело, остается в определенном месте пространства и, если поглощается, то поглощается как целое, по существу оно есть эфирная теория“.

8. Гипотеза Эйнштейна, дополняющая теорию излучения Томсона.

Квантовый характер теории излучения Томсона в связи с работами Планка по излучению черного тела, привел Эйнштейна (в 1905 г.) к мысли дополнить учение Томсона следующей гипотезой: данный источник световых волн может испускать или поглощать энергию квантами, каждая из которых равна $h\nu$, где ν собственная частота колебаний источника, а h , вышеупомянутая универсальная постоянная Планка.

На основании этой гипотезы Эйнштейн вывел известную формулу, рисующую процесс выделения электронов под действием света:

$$\frac{1}{2}mv^2 = h\nu - p;$$

здесь m — масса вылетающего электрона, v — скорость, с которой он вылетает из атома, следовательно, $\frac{1}{2}mv^2$ — энергия вылетающего электрона, $h\nu$ — кванта энергии, поглощенная при действии света, p — работа, необходимая для вырывания электрона из металла, на который падает свет.

Смысл формулы Эйнштейна таков: энергия вылетающего электрона представляет собою разность между квантой поглощенной энергии и работой, преодолевающей действие электрических сил, удерживающих электрон в его обычном положении, т. е. кванта поглощенной энергии распадается на две части: первая часть идет на сообщение электрону определенной скорости, вторая на преодоление сопротивления электрических сил.

Экспериментальная проверка формулы Эйнштейна дала блестящее ее подтверждение. Милликэн говорит: „Десять лет работы (в Райсмеровской лаборатории и в других местах) над выбрасыванием электронов при помощи света показали, что уравнение Эйнштейна, повидимому, с точностью описывает наблюдаемые

явления“. „Если это уравнение справедливо вообще, то его, несомненно, нужно рассматривать, как одно из самых основных уравнений физики и при том такое, которому суждено сыграть в будущем едва ли не менее значительную роль, чем та, какую уравнения Максвелла сыграли в прошлом, потому что оно должно управлять переходом всей электромагнитной энергии коротких волн в энергию тепловую“.

9. Критика теории Томсона — Эйнштейна.

Теория Томсона — Эйнштейна представляет собою первое доказательство того, что теория квант непосредственно вытекает из электродинамики Максвелла. Действительно, теория эта, как и теория Максвелла является только развитием основного фарадеевского представления о силовых линиях электромагнитного поля и физической интерпретацией уравнений Максвелла-Герца.

Кроме того, теория эта — теория истинно диалектическая, так как объединяет прерывность с непрерывностью в наглядной, простой и отчетливой материалистической форме.

Этих двух обстоятельств вполне достаточно, чтобы теорию игнорировали.

Милликэн пишет: „Несмотря на то что представленные доводы в пользу уравнения Эйнштейна, мы встречаемся здесь с необычным положением. В самом деле оказалось, что полукорпускулярная теория, из которой Эйнштейн получил свое уравнение, повидимому, совершенно неприемлема, и действительно, она оставлена почти всеми; впрочем, сэр Дж. Дж. Томсон и немногие другие, кажется, до сих пор держатся той или иной формы теории волокнистого эфира“. Всякий, несколько знакомый с историей физики, будет удивлен указываемым Милликэном обстоятельством.

Когда Фарадей подтвердил свои гениальные физические идеи гениальнейшими открытиями в области электромагнетизма, он этим не завоевал своим идеям минимального, даже, признания. Формалисты школы Ампера-Вебера, подобно современным формалистам из школы Маха-Авенариуса, с тайным, а иногда и с явным презрением смотрели на „грубые материальные“ силовые линии и трубки, порожденные плебейской фантазией переплетчика и лабораторного сторожа Фарадея. И даже тогда, когда Максвелл облек плебейски обнаженное тело фарадеевских представлений

в аристократические математические одежды, когда уравнения Максвелла победили на всех фронтах вплоть до предсказания за несколько десятков лет существования электромагнитных волн и давления света, даже тогда фарадеевское учение по мере возможности игнорируется: силовые линии, это — математические линии, а уравнения Максвелла написаны при помощи удара большого пальца (Пуанкаре) чуть ли не самим господом богом (Больцманн).

Перейдем, однако, к критическим возражениям против теории Томсона-Эйнштейна.

Первое возражение в том, „что никто никогда не был в состоянии показать, что такая теория может предсказать какое-либо из явлений интерференции“ (Милликэн).

Второе возражение заключается в некоем положительном доказательстве того, что эфир не имеет волокнистого строения. Это доказательство приводится у Милликэна: „Если статическое электрическое поле обладает волокнистым строением, как это постулируется любой формой теории волокнистого эфира, так как каждая единица положительного электричества есть начало, а каждая единица отрицательного электричества есть конец фарадеевской трубки“ (Дж. Дж. Томсон), то, следовательно, сила, действующая на единичный электрон между пластинками воздушного конденсатора, не может изменяться непрерывно с разностью потенциалов между пластинками. В опытах же с масляными каплями, мы на самом деле изучаем поведение в таком электрическом поле единичного, изолированного электрона, и мы находим в очень широких пределах точную пропорциональность между силой поля и силой, действующей на электрон; последняя сила изменяется скоростью передвижения в воздухе масляной капли, на которой он сидит. Если мы будем поддерживать поле постоянным и изменять заряд капли, то зернистое строение электричества доказывается прерывными изменениями скорости. Если же мы оставим заряд постоянным и будем изменять поле, то отсутствие прерывных изменений скорости опровергает представление о волокнистом строении поля, если только исключить предположение, что на электроде оканчивается громадное число таких волокон. Однако такая гипотеза лишает теорию волокнистого эфира всякого значения“.

Третье, наконец, возражение состоит в том, что „довольно трудно представить себе вселенную в виде бесконечной паутины, нити которой никогда не спутываются и не рвутся, как бы быстро ни летали электрические заряды, к которым они привязаны“ (Милликэн).

Чтобы покончить с первым из возражений, достаточно привести слова самого Милликэна:

„Никто еще не показал, что предположение Томсона можно примирить с явлениями интерференции, хотя, насколько я знаю, точно также до сих пор не была вполне доказана и их несовместимость“.

Природа, как известно, не боится трудностей математического анализа и то, что не удастся сегодня, удастся завтра или после завтра. Дж. Томсон в своих последних работах уже дал набросок теории интерференции и других явлений на основании квантовых представлений. Уайттекер и Кастерин математически углубили основные идеи Томсона. Более того: Планк, автор формальной теории квант, определенно ведь говорит („Природа света“), что „темное пятно“ этой теории в том, что она затрудняется объяснить явления интерференции без нарушения закона сохранения энергии. Так что в этом пункте теория квант Планка не имеет никакого преимущества перед теорией Томсона-Эйнштейна.

Сущность второго возражения Милликэна в следующем: легко подсчитать,¹⁾ что заряд милликэновского конденсатора равен около 1200 кулонов, т. е. $3,6 \cdot 10^{12}$ электростатических единиц, в то время, как, по опытам Милликэна, заряд электрона равен $4,7 \cdot 10^{-10}$ электростатическим единицам, т. е. заряд конденсатора почти в 10^{22} раз больше заряда масляной капли, если предположить, что на ней один электрон. Сделаем теперь следующее поясняющее сравнение: масса земли $5,9 \cdot 10^{24}$ килограмма, т. е. находится в том же приблизительно отношении к килограмму, в каком заряд конденсатора находится к заряду электрона. Нетрудно, прибавив к килограмму еще один килограмм, обнаружить прерывность, но обнаруживать прерывность „килограмма“ прибавлением его к массе в $5,9 \cdot 10^{24}$ килограмма, — это пока находится за пределами наших технических средств. Но дело именно в том, что Милликэн, признавая возможным объяснить неудачу опыта предположением о большом числе волокон, оканчивающихся на электроде, утверждает, что такое предположение лишает „теорию волокнистого эфира всякого значения“.

¹⁾ Подсчет этот таков: емкость плоского конденсатора в 1 кв. м поверхности и 10 см промежутка, равна, приблизительно, 1 микрофараду. У Милликэна диаметр латунных пластинок 22 см (380 кв. см поверхности), расстояние — 1,6 см, отсюда легко найти емкость милликэновского конденсатора — приблизительно 0,24 микрофарада. Напряжение в опытах Милликэна 5000 вольт, отсюда заряд $0,24 \times 5000 = 1200$ кулон.

Согласно Милликэну, „электрон“ не является тем, что обычно называют этим именем. Электрон Милликэна, это — электрон Стонея, т. е. определенный минимальный электрический заряд „без всякого указания на массу или инерцию, которая может быть с ним связана“. Но если электрон понимать в смысле Лоренца, т. е. разуметь под ним массу, равную, приблизительно, $\frac{1}{1800}$ массы водородного атома с зарядом в $4,77 \cdot 10^{-10}$ электростат. единиц (тот электрон, который обнаруживается опытом в атоме водорода), то на поверхности в 380 кв. см милликэновского конденсатора сосредоточено около 10^{22} силовых линий, если даже предположить, что из каждого электрона исходит по одной линии, что фактически и принципиально (диалектически) неверно, так как реальный электрон не является „границей“ силовой нити, а определенным, хотя и чрезвычайно малым, телом.

По Милликэну, однако, заряд величиной в электрон реален, но волокна теории Томсона толкуются не как некоторые „тончайшие“ нити, соответствующие хотя бы „электрону“ в атоме водорода, т. е. заряду в $4,7 \cdot 10^{-10}$ единиц ($\frac{1}{1800}$ массы атома водорода), а по буквальному смыслу формулы: каждой единице положительного и отрицательного электричества соответствует одно волокно. И так как эти единицы формально произвольны, то, повидимому, волокна в толковании Милликэна, это — „толстейшие“ шнуры.

Ясно, что Милликэн должен считать свой опыт опровержением волокнистого строения эфира. Но сам Милликэн признает, что предположение о громадном числе волокон в эфире объясняет неудачу опыта.

Мы увидим в дальнейшем, что такого рода предположение и дает, именно, возможность получить синтез волнового и квантового представлений, так что то, что, согласно Милликэну, является недостатком теории, в действительности есть ее достоинство.

Последнее возражение Милликэна, не имеет большого значения. Нам не только „трудно себе представить“ волокнистый эфир, но даже простой многоугольник с достаточным числом сторон. Строение любого развитого „организма“ не менее „волокнисто“ нежели волокнистое строение эфира. Мы увидим, однако, в дальнейшем, что мировой эфир не столь запутанен волокнами, как это вытекает из учения Томсона, и, следовательно, последнее возражение отчасти отпадает само собой.

Опровергая возражения против теории Томсона, мы отнюдь

не хотим утверждать, что теория эта нас вполне удовлетворяет. Некоторые особенности теории всегда заставляли нас сомневаться в ее абсолютной истинности.

Первый аргумент против теории Томсона заключается в следующем: мы знаем, что луч света это — синоним прямолинейности. Отсюда вытекает, что силовые линии, вдоль которых распространяются, согласно Томсону, световые колебания, должны быть прямолинейными, а это уже действительно очень трудно допустить, принимая во внимание бесконечное разнообразие форм тел природы. В нашем опыте прямолинейные силовые линии получаются только в глубине между пластинами плоского конденсатора, всякая другая форма заряженных тел дает искривление силовой линии. С другой стороны, опыт показывает, что форма окружающих тел совершенно не влияет на прямолинейность лучей света. Правда, в последнее время, установлено искривление луча при прохождении около солнца, но это искривление объясняется громадной массой светила, а не его формой.

Решающее, однако, значение имели для нас два обстоятельства, а именно: 1) несоответствие учения Томсона той картине электромагнитного излучения, которую дает Г. Герц, 2) теория Бора.

10. КАРТИНА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПО Г. ГЕРЦУ.

Изучая теорию вибратора Герца, мы были поражены одним обстоятельством, именно той картиной излучения, которую дает вибратор Герца, рассматриваемый с точки зрения формул теории Максвелла. Вот 4 рисунка из статьи Герца: „Силы электрических колебаний с точки зрения теории Максвелла“.

Рисунки показывают, что при колебании электричества в вибраторе от последнего отшнуровываются замкнутые электрические силовые линии, образующие в совокупности своеобразные кольцевые тела, окружающие вибратор и перпендикулярные к нему. Эти кольцевые тела связаны с вибратором при помощи колец магнитных силовых линий, проходящих внутри электрических тел.

Рис. 27 представляет начало нового колебания, момент, когда электрический ток, достигая наибольшей скорости, проходит через положение равновесия. Рис. 28, 29, 30 изображают положение силовых линий в момент времени $\frac{1}{8} T$, $\frac{1}{4} T$, и $\frac{3}{8} T$. Мы видим, как силовые линии сближаются концами, раздуваются и отталкивают прежде об-

разовавшиеся; в момент T (рис. 27) они совершенно отрываются от вибратора.¹⁾

Очень легко объяснить причину этого отшнуровывания замкнутых силовых линий. Мы знаем, действительно, что излучение происходит только при очень быстрых колебаниях, получаемых при помощи искрового, например, разряда. Какова, собственно говоря,

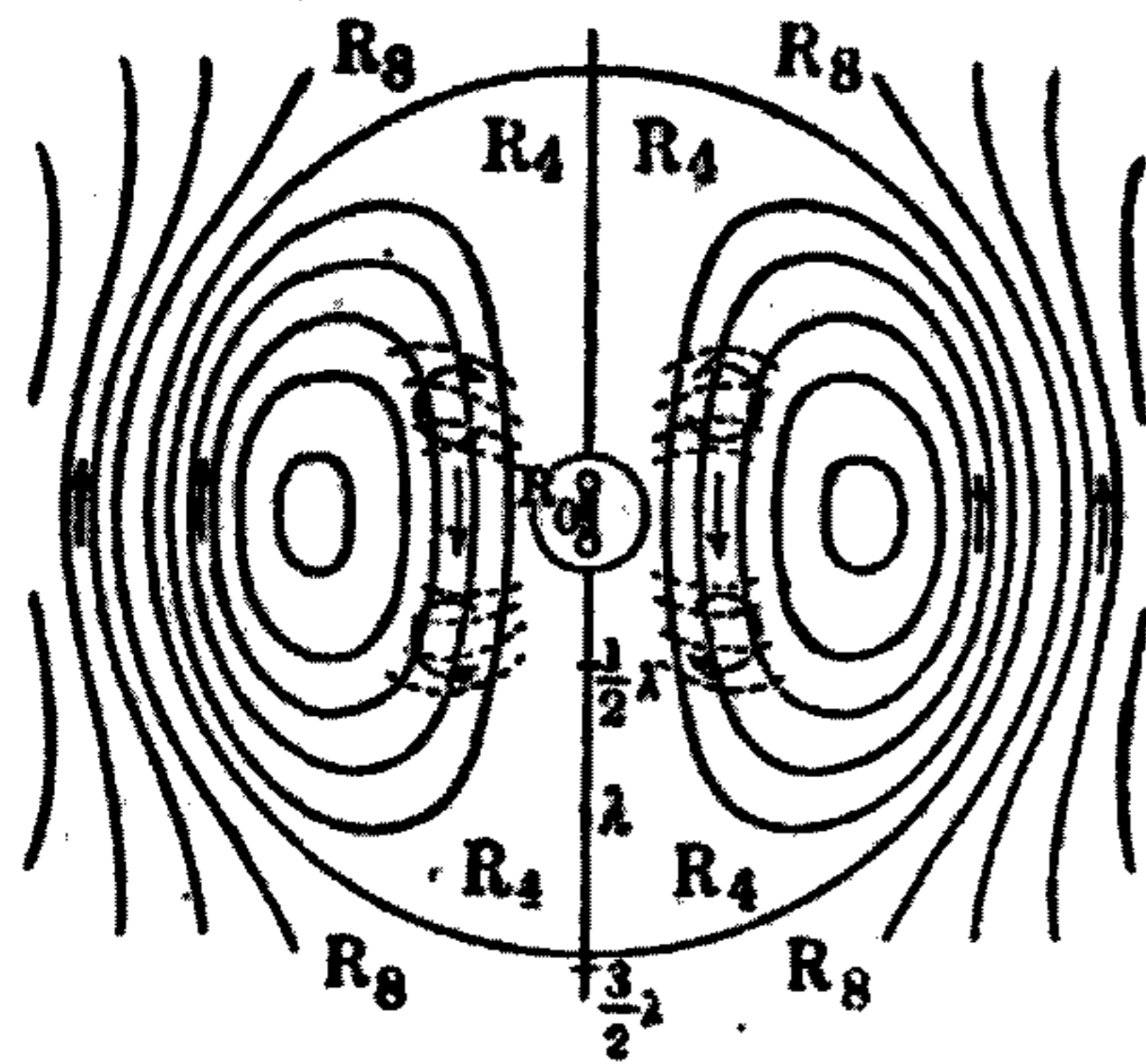


Рис. 27.

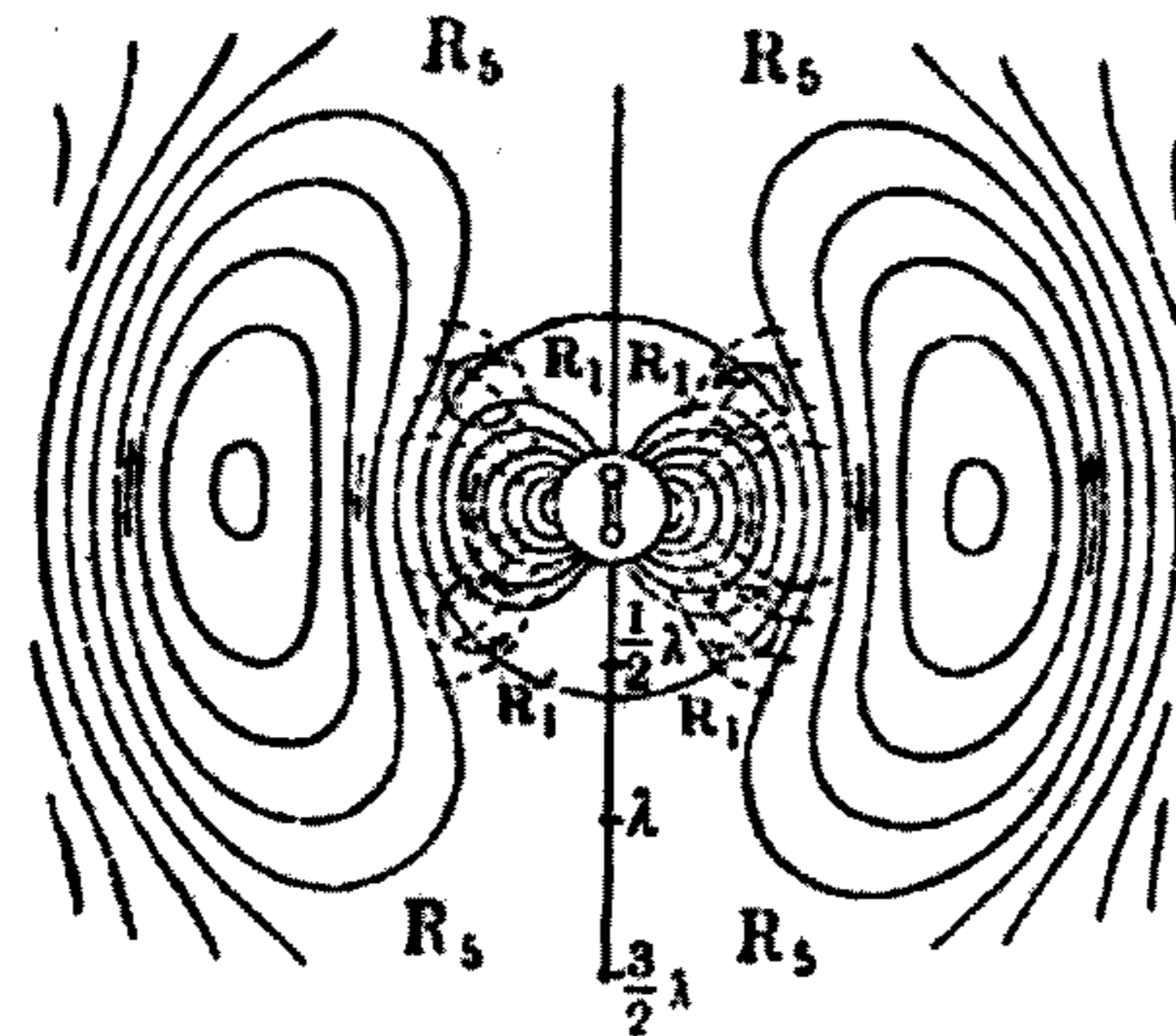


Рис. 28.

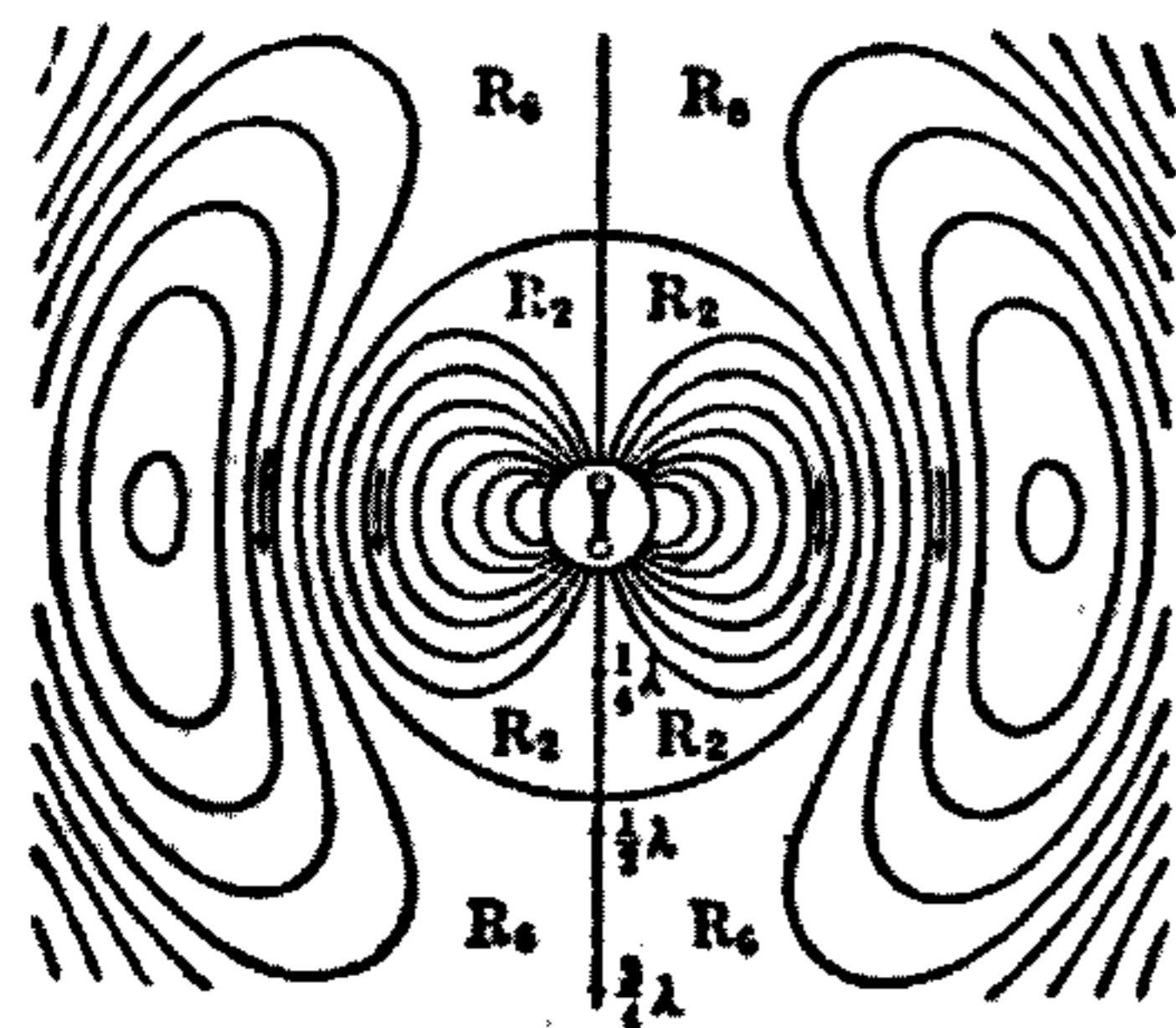


Рис. 29.

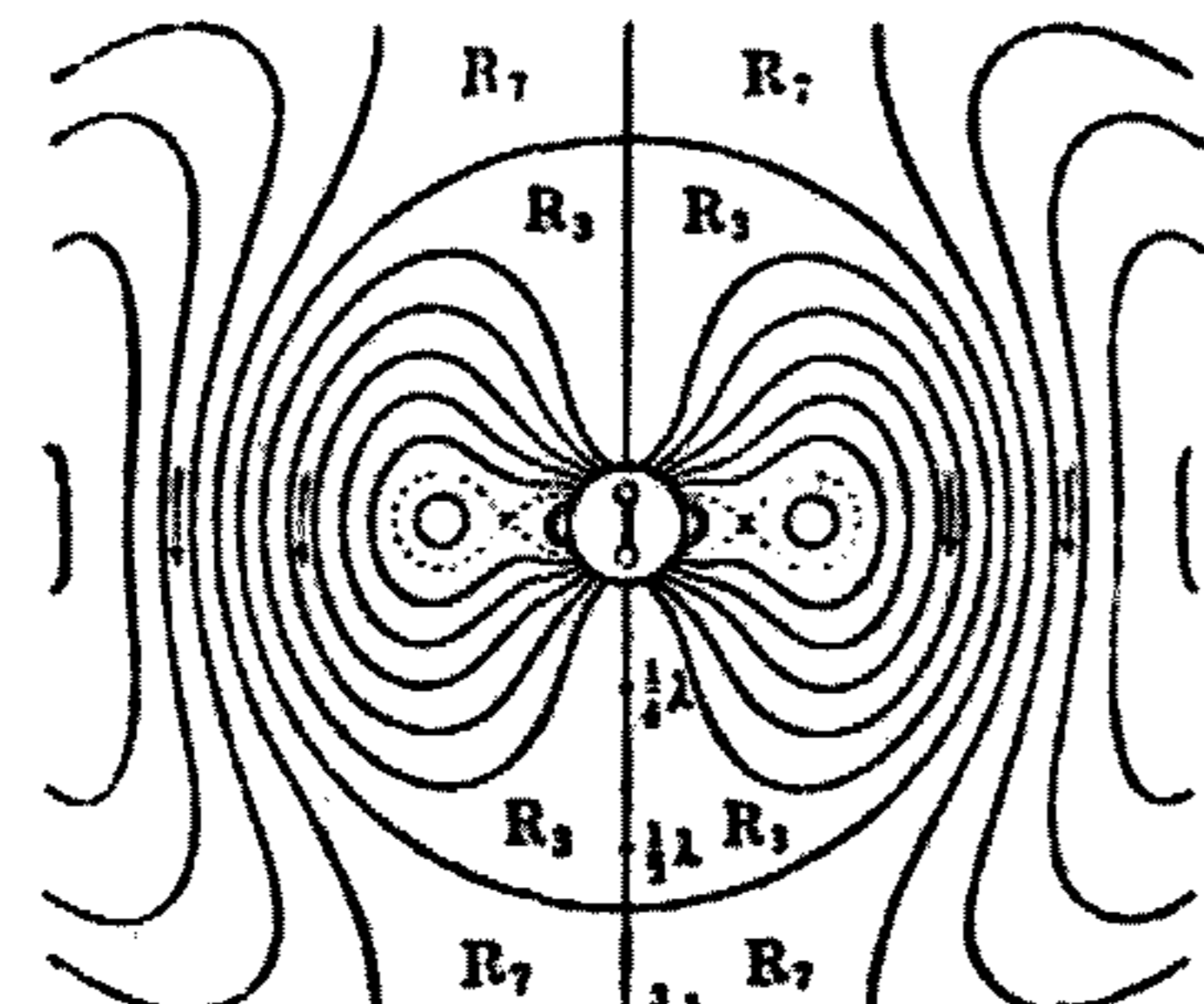


Рис. 30.

роль искры? Это легко пояснить следующим сравнением: пусть у нас укрепленная за один конец растянутая рукой пружина. Колебания пружины произойдут лишь в том случае, если быстро отпустить свободный конец пружины. Точно так же искровой промежуток служит как бы клапаном, мешающим прохождению тока. При достаточном напряжении образуется искровой разряд, равно-

¹⁾ Обращаем внимание на то, что кольца в вибраторе Герца, удаляясь от вибратора, непрерывно расширяются, имея также скорость в собственной плоскости в отличие от неизменных колец новейшей теории Томсона.

сильный внезапно отпусканию пружины. При таком разряде электроны очень быстро двигаются по проводу, переходят по инерции через положение равновесия, останавливаются, затем движутся в обратном направлении и т. д. Происходит ряд чрезвычайно быстрых колебаний. Но силовые линии, как сказано было выше, обладают инерцией. Поэтому при внезапном и быстром движении электрона он отрывается от силовой линии, подобно тому, как при быстром дерганьи бечевки, привязанной к тяжелому телу, веревка обрывается, а тело остается неподвижным. Согласно известным законам вихревого движения, установленным Гельмгольцем, вихревая нить не может иметь начала и конца в жидкой среде, — она обязательно образует замкнутую линию. Отсюда ясно, что концы разорванной силовой линии соединяются и образуют замкнутое целое.

Мы думаем, что не найдется ни одного читателя, которому при виде этой картины не пришла бы в голову мысль о световых квантах. Вибратор Герца действительно излучает световые кванты большой длины волн. Истинными авторами квантовой теории излучения были Максвелл и Герц, и недавно физики Кастерин и Уайтеккер показали, что квантовые кольца даже неизменных размеров непосредственно вытекают из у-ий Максвелла-Герца.

Мы видим таким образом, что теория излучения Максвелла-Герца дополняет теорию электромагнитных колебаний Томсона новым возможным видом световых (электромагнитных) квант. Для получения световых (электромагнитных) лучей нет необходимости, чтобы через весь эфир были протянуты силовые волокна. Если у нас имеется, например, тонкий металлический стержень, в котором колеблется электричество, то от стержня отшнуровываются кванты электромагнитной энергии, которые несутся в пространстве со скоростью света. И без сомнения, в природе существуют как „волны“ Томсоновского тона, так и „волны“ типа Герца.

11. ТЕОРИЯ БОРА.

Теория эта появилась в 1913 году и носит на себе печать столь очевидной истины, что Милликэн прав, говоря: „Я не знаю ни одного соперника теории Бора, который бы показался хотя бы вдаль“.

В основе теории Бора лежат следующие две гипотезы:

1) Движение электронов вокруг ядра может происходить по определенным „устойчивым“ орбитам, при чем, если m — масса электрона, v — его скорость, r — радиус орбиты, то

$$mvr = \frac{k}{2\pi} h,$$

где k — целое число, равное порядковому номеру орбиты, h — постоянная Планка.

2) Во время обращения электрона по таким орбитам электромагнитное излучение отсутствует, оно возникает только при перескоке электрона от одной орбиты на другую, при чем выделяется одна кванта лучистой энергии $h\nu$, где ν — число колебаний испускаемых „волн“.

Первая часть последней гипотезы — противоречие теории Томсона и, как говорят, классической электродинамике, согласно которой, электромагнитное излучение имеет место при всяком ускоренном, в том числе и круговом движении электрона. В самом ли деле, однако, мы находимся здесь перед нарушением основного положения электродинамики Максвелла? Ничего подобного! Чтобы понять это, рассмотрим следующую схему (рис. 31).

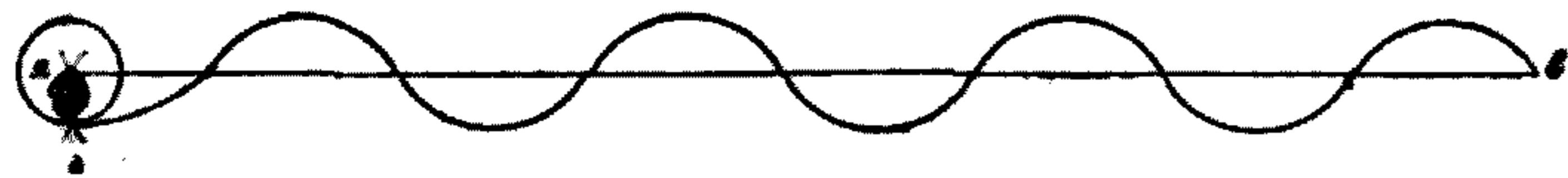


Рис. 31.

Здесь „я“ ядро, вокруг которого обращается электрон, линии „я — э“ связывают электрон с ядром, линия „э — в“ обозначают связь с „внешним“ миром; множественность линий „я — э“ указывает на то, что силовое поле сосредоточено, главным образом, внутри атома. Пусть теперь ядро вращается по круговой орбите. При этом возникают двоякого рода „волны“. Первого рода „волна“ заключается в том, что ничтожные по длине силовые линии „я — э“ просто перемещаются в пространстве вокруг ядра, подобно спице колеса вокруг втулки; второго рода „волны“ это — волны в обычном смысле слова, которые бегут вдоль силовых линий „э — в“ и, отразившись от их концов, образуют „стоячие волны“. Собственно говоря, мы в конце концов имеем две „группы“ стоячих волн: левая состоит из вращающихся силовых линий, правая из волн обычного смысла слова, т. е. из колеблющихся частей силовых линий, не с одним „узлом“ (ядро) и „пучностью“ (электрон), а со мно-

гими. Если вместо силовых линий мы имеем дело с длинной каучуковой трубкой, укрепленной в точках „я“ и „в“, то превращение очень близкой к точке „я“ точки „э“ получается та же самая картина.

Суть дела таким образом в том, что, по теории Томсона, центр тяжести образования волн перенесен на те силовые линии, которые связывают электрон с внешним миром. Теория Бора доказывает, что это не так, что при вращении электрона вокруг ядра получается „внутренняя волна“, что внешние волны чрезвычайно слабы и не поддаются учету опыта, хотя без сомнения существуют. Такая точка зрения не только физически вполне допустима, но хорошо гармонирует с электрической нейтральностью тел.

Более того, она допустима и строго теоретически, ибо независимо от какой-либо модели механизма излучения, утверждение, что всякое ускоренное движение электрона связано с излучением получено на основании частного (именно герцевского) решения уравнений Максвелла. Но эти уравнения имеют и другие решения, как то показали Кастерин и Уайтеккер. Вот почему вопрос о том, сопровождается ли ускоренное движение электрона излучением и каким именно, можно решить лишь на основании конкретного рассмотрения механизма излучения, а не на основании анализа формул.

Теория атома Бора показывает, что наружное излучение имеет место тогда, когда ускоренное движение электрона происходит вполне определенным образом (вibrator Герца, образование кольца), но излучение отсутствует (или почти отсутствует), в случае движения электрона вокруг ядра. Подробное объяснение этого обстоятельства мы даем в статье: „Вихревая теория электромагнитного движения“ (стр. 235).

Квантовые кольца, излучаемые vibratorом Герца, состоят из огромного числа чрезвычайно густо расположенных силовых линий; при своем движении эти кольца непрерывно расширяются и, стало-быть, энергия их рассеивается. Квантовые кольца такого рода Дж. Дж. Томсон называет волнами „максвелловского типа“. Но нетрудно представить себе, что особого строения vibratorы выбрасывают кольца, движущиеся перпендикулярно к своей плоскости и не имеющие скорости в самой плоскости. Такого рода кванты сохраняют свою энергию сосредоточенной в определенном объеме. Несомненно, однако, что „волны максвелловского типа“ и

собственно световые кванты по существу однородны. Впервые на такого рода связь между световыми квантами и кольцами вибратора Герца обратил внимание Ленард.

О Ленарде мы узнали из речи Д. А. Гольдгаммера „Теория квант и лучистая энергия“, произнесенной в 1914 году на I Всероссийском съезде преподавателей физики, химии и космографии в С.-Петербурге (см. 15-й том „Физического Обозрения“).

В разделе: „Откуда берутся кванты энергии“ Д. А. Гольдгаммер пишет: „Еще Н. Hertz около четверти века тому назад показал, что излучение электромагнитных волн идет очень своеобразно, хотя на эту своеобразность очень долго не обращали внимания, да и сейчас, повидимому, ею интересуются мало. Обратил внимание на эту своеобразность и поставил в связь с теорией квант совсем недавно Ph. Lenard“.

Приведя рисунки, аналогичные рисункам Герца, выполненные Наск'ом для очень вытянутого эллипсоида вращения, Гольдгаммер говорит: „Что же дают нам эти чертежи, выполненные согласно теории электрических колебаний F. Наск'ом? Да ведь они показывают, что излучение электромагнитной энергии со стержня идет не непрерывно, а скачками, что эта потеря энергии наступает лишь тогда, когда оторвется хотя бы одна силовая линия, которой при том соответствует конечное количество энергии. Может возникнуть, однако, вопрос, почему — конечное? Ведь в классическом учении об электричестве силовая линия есть линия, и соответствующая ей энергия бесконечно мала. Да, это верно, но не верна классическая теория, ¹⁾ ибо электричество само не делимо до бесконечности, ²⁾ а складывается из электрических квант: отрицательное из электронов, а положительное из ионных же зарядов, той же величины, что и у электронов, но зарядов положительных. И потеря энергии при излучении сводится к тому, что по крайней мере один свободный электрон соеди-

¹⁾ Это место представляет собой недоразумение, ибо основатель классической теории Фарадей и его ученик Максвелл всегда разумели под силовой линией нечто физическое, т. е. конечное, а не математическую фикцию. Здесь верно лишь то, что толкователи классической теории старались и стараются до сих пор физическое учение Фарадея — Максвелла превратить в чисто математическое. Весь смысл нашей статьи в том, чтобы показать это искажение.

²⁾ Гольдгаммер обнаруживает в этой фразе непонимание диалектики познания. Но это не лишает его рассуждения общей (временной) правильности.

няется с положительным атомом и нейтрализуется — это и соответствует отрыванию одной или группы силовых линий, связывавших электрон с атомом. И электрон нейтрализует свой заряд, очевидно, целиком, а не частями, а заряд его, хотя и мал, но конечен. Итак, процесс электромагнитного излучения идет не непрерывно, а ведь это и является одним из подтверждений теории квант“.

Гольдгаммер вычисляет значение квант излучения для случая колебания в металлическом шаре ¹⁾ и получает величину $H\nu$, где H зависит от формы излучающего проводника и начального заряда. Гольдгаммер заключает: „Таким образом форма и строение молекулярных (атомных) вибраторов, вероятно, обуславливает собою и величину H , а одинаковость этого строения у всех тел объяснит и универсальность H . Потеря энергии квантами при электромагнитном излучении оказывается, как мы видим, простым следствием электронной структуры электричества. При этом и вся электрическая энергия заряженного тела всегда

¹⁾ Вот это вычисление: „Если Q_0 начальный заряд одной из половинок шара, то начальная энергия шара (электрическая) есть

$$E_0 = A \frac{Q_0^2}{R},$$

где R — радиус шара, а A — постоянное количество. Если теперь e — есть заряд электрона, то так как Q_0 представляет собою всегда некоторое целое число электронов (p), то

$$Q_0 = pe, E_0 = Ae^2 \frac{p^2}{R};$$

а так как $\frac{1}{R}$ пропорционально числу колебаний ν электромагнитной волны, излучаемой шаром, то можно написать

$$E_0 = Be^2 p^2 \nu,$$

где B — новое постоянное. Если теперь вследствие излучения энергия E_0 стала E , это значит, что p уменьшилось на целое число n электронов, соединившихся с атомами и потерявших, говоря обычным языком, свои заряды. Тогда

$$E = Be^2 (p - n)^2 \nu$$

и потеря энергии есть

$$E_0 - E = Be^2 \nu (2p - n)n.$$

Пока n невелико сравнительно с p , мы можем написать:

$$E_0 - E = 2Be^2 pn \nu = nH\nu,$$

и мы видим: энергия при излучении теряется квантами, и величина кванты $H\nu$ пропорциональна ν , совсем как мы это нашли у черного излучения“.

пропорциональна p^2 , где p есть целое число (p — число электронов или что то же элементарных силовых трубок. З. Ц.), т. е. энергия может быть или a , или $4a$, или $9a$, или $16a$ и т. д. Она складывается из целого числа своего рода квант⁴.

12. Новая теория Дж. Дж. Томсона.

В октябре 1924 г. в журнале „Philosophical Magazine“ появилась работа Томсона: „A Suggestion as to the structure of Light“¹⁾ в которой автор согласует теорию „волоконистого эфира“ с выводами теории Бора.

Томсон прежде всего отмечает, что, с одной стороны, оптические свойства света с большим совершенством подтверждают гипотезу волновой природы света; с другой стороны, электрические свойства как-будто показывают, что энергия сконцентрирована повсюду в дискретных центрах и что фронт волны, вместо того, чтобы быть однообразно освещенным, представляет собой ряд широких пятен на темной основе. Иначе говоря, электрические свойства света указывают на корпускулярное, согласно Ньютону, строение света, в то время, как оптические — на непрерывно волновое.

Томсон указывает далее, что он давно уже предложил теорию, базирующуюся на понятии электрических силовых трубок, которая, по его мнению, пригодна для примирения (синтеза) оптики и электричества.

Мы видели выше, что это действительно так, что теория волоконистого эфира Томсона представляет собою синтез волновой и квантовой теорий излучения. Новая теория Томсона посвящена согласованию его старых воззрений с теорией Бора. Томсон рисует прежде всего картину образования электромагнитного кольца, не упоминая почему-то о том, что картина эта по существу соответствует картине, данной Г. Герцем в его теории вибратора. Картина Томсона такова. Пусть у нас имеется силовая линия PE (рис. 25 статьи Томсона), соединяющая ядро P с электроном E ; пусть вследствие полученного толчка электрон занял положение около P ; новое положение электрона вызывает следующие процессы: а) конец силовой трубки с электроном притягивается противоположной точкой, вследствие чего образуется кольцевая петля,

¹⁾ В декабрьском № за 1925 г. появилось дополнение к этой работе („Structure of Light“).

б) кольцевая петля отталкивается от нее, образуя электромагнитное кольцо, движущееся со скоростью света.

Пусть теперь, наоборот, подобного рода кольца движутся по направлению к силовой трубке (рис. 26). Здесь возможны 3 случая: 1) энергия кольца достаточна для разрыва трубки; в этом случае выделяется электрон, согласно вышеуказанному закону Эйнштейна; кванта энергии кольца идет на сообщение, во-первых, оторванному электрону некоторой кинетической энергии ($\frac{1}{2}mv^2$), а, во-вторых, на работу разрыва силовой трубки (p); 2) второй случай тот, когда энергия кольца недостаточна для разрыва силовой трубки, но достаточна для приведения электрона в другое положение, т. е. на другую возможную орбиту. В этом случае происходит следующее: пусть у нас имеется один электрон во втором, считая снаружи, слое электронов, окружающих атомное ядро; первый слой электронов будет находиться в состоянии равновесия до тех пор, пока энергия разрушившегося кольца (см. схему процесса разрушения кольца на рис. 26) не перебросит электрона со второго слоя на первый; разрушение кольца и переброска электрона на новую орбиту означает поглощение (абсорбцию) энергии; при таком поглощении нарушается равновесие второго слоя, и через некоторое время электрон падает на свою старую орбиту, при чем происходит характеристическое излучение согласно схеме, указанной на рис. 1) 25). Если энергия кольца недостаточна для приведения электрона на новую орбиту, то, хотя поглощение кольца отбрасывает электрон от ядра (P), но действующие силы скоро останавливают электрон, движение делается обратным, кольцо восстанавливается и вырывается из молекулы, о которую оно ударило. В этом случае нет поглощения. Таким образом смерть кольца рождает или большой скорости электрон, или характеристическое излучение.

Томсон подчеркивает, что теория кольца находится в согласии с результатами, полученными Баркла, а именно: если лучи Рентгена полностью поглощаются газом без эмиссии характеристических лучей, то число электронов большой скорости не зависит ни от рода газа ни от его физического состояния.

Теория излучения Томсона, как видим, по существу построена на том же основании, что и теория вибратора Герца. Томсон

¹⁾ Вообще говоря, при характеристическом излучении электрон падает не на старую орбиту, а на другую устойчивую, так что остаток энергии образует аллотропическое видоизменение атома.

дает, однако, иное объяснение происхождению электромагнитных волн. Согласно Томсону, волны порождаются не колебаниями электронов, как в вибраторе Герца, а колебаниями кольца. В тот короткий промежуток времени, пока кольцо находится еще внутри атома и не выброшено еще наружу, внутриатомное электрическое поле быстро меняется. Это изменение поля вызывает колебания кольца. Передвигающееся кольцо, по Томсону, также окружено системой электромагнитных волн, тождественных с теми, которые излучаются внутри атома.

Энергия этих волн мала сравнительно с энергией кольца, так как совокупная потеря энергии в атоме приблизительно равна разнице между потенциальной энергией электрона в положении E и E_1 .

На основании этого воззрения Томсон дает объяснение явлений интерференции, дифракции, поглощения и резонанса. Мы не будем на этом останавливаться. Обратим только внимание читателей на замечательное томсоновское вычисление постоянной Планка.

Вычисление это очень просто. Из теории электричества известно, что энергия силовой трубки равна:

$$E = 2\pi \times f^2 \times (\text{объем трубки}),$$

где f — так называемое диэлектрическое смещение или, по Томсону, „поляризация“. Смысл понятия „поляризация“, введенного Томсоном¹⁾ таков: „Пусть A и B две соседних точки диэлектрика, пусть плоскость, площадь которой равна единице, расположена перпендикулярно к линии, соединяющей точки A и B ; тогда поляризация по направлению AB равна разности между числами фарадеевских силовых трубок, проходящих через единицу площади от A к B и от B к A “. В нашем случае поляризация выражает просто число силовых трубок, проходящих через единицу площади поперечного сечения силовой трубки, соединяющей ядро с электроном.

Обозначим эту площадь через ω ; тогда $f \times \omega = p \times e$, где p число равное или меньшее единицы в зависимости от того, все ли силовые линии сосредоточены в поперечном сечении, e — заряд. Действительно, согласно основному положению теории силовых трубок, каждая единица положительного электричества связана трубкой с каждой единицей отрицательного электричества. Следовательно, общее число таких единичных трубок будет равно e ,

¹⁾ См. статью „Фарадеевы силовые трубки и уравнения Максвелла“.

т. е. числу единичных зарядов. Если ω означает поперечное сечение кольца, то, обозначив через r — радиус кольца, а через e — радиус сечения, получим:

$$\begin{aligned} E &= 2\pi \times f^2 \times (\text{объем кольца}) = 2\pi \left(\frac{pe}{\omega}\right)^2 \cdot 2\pi r \cdot \omega = \\ &= 4\pi^2 p^2 e^2 \frac{r}{\omega} = 8\pi^2 p^2 e^2 \frac{r^2}{b^2} \cdot \frac{1}{2\pi r}. \end{aligned}$$

Если кольца подобны, то $\frac{r}{b}$ = постоянной; частота волн та же, что и частота колебаний кольца; в геометрически подобных кольцах длина волны пропорциональна длине кольца ($2\pi r$), следовательно, из указанного уравнения энергии вытекает, что энергия обратно пропорциональна длине волны. Это и есть закон Планка: $E = h\nu$, ибо ν частота колебаний, как известно, обратно пропорциональна длине волны.

Томсон предполагает далее, что период колебания кольца равен времени, которое употребляет свет для прохождения окружности кольца, т. е. $T = \frac{2\pi r}{c}$, где c — скорость света.

$$\text{Частота } \left(\frac{1}{T}\right) \nu = \frac{c}{2\pi r}$$

Следовательно:

$$E = 8\pi^2 p^2 e^2 \frac{r^2}{e^2} \cdot \frac{\nu}{c}$$

$$\begin{aligned} e &\text{ — заряд электрона равен } 4,8 \cdot 10^{-10} \\ c &\text{ — скорость света равна } 3 \cdot 10^{10} \end{aligned}$$

$$E = 6,2 \cdot 10^{-20} \frac{p^2 r^2}{b^2} \nu.$$

Если положить $\frac{p^2 r^2}{b^2} = \pi$, то $E = h\nu$, где h будет с очень большой степенью приближения равняться постоянной Планка, т. е. $6,55 \cdot 10^{-27}$

Самое замечательное в этом выводе то, что $\frac{p^2 r^2}{b^2}$ оказалось равным числу π . Если считать, что все силовые линии кольца проходят через поперечное сечение, обозначенное нами через ω , иначе говоря, если считать, что имеем дело с действительным кольцом строго геометрической фигуры, то p необходимо положить равным единице. Тогда $\frac{r^2}{b^2} = \pi$, и мы получим следующее замечательное предложение:

Силовое кольцо, играющее основную роль в лучистых процессах, таково, что отношение площади

кольца к площади его поперечного сечения в точности равно числу π .

Всякий человек, хоть несколько склонный к философскому мышлению, не может не поразиться таким результатом. Число π играет основную роль в геометрии и постольку, поскольку геометрия связана с физикой, и в физике. Случайно ли это число характеризует природу реальных силовых колец? Если не случайно, то вывод отсюда может быть один: вышеназванная теория квантового излучения в основном, несомненно, истина. Здесь перед нами поразительный образец диалектического развития науки. Вообразим, что какой-нибудь мощный ум разработал бы теорию излучения на основе теории вихрей (из следующих статей мы увидим, что электромагнитные силовые кольца, по видимому, не что иное, как вихревые образования в эфире). Положив отношение $\frac{r^2}{b^2}$ равным π и пользуясь опытной величиной e , он получил бы теоретически постоянную Планка. ¹⁾ Факт этот доказывает тесную связь геометрии с физикой, точнее Евклидову природу нашего пространства, ибо теория вихрей есть физика Евклидова пространства.

В заключение своей статьи Томсон пишет: „С изложенной нами точки зрения появление кольца обусловлено деформацией электрических силовых трубок при быстром изменении потенциальной энергии. Возможно, однако, вообразить электрические волны без кольца; так, если электрон движется с постоянной скоростью по окружности, в центре которой имеется положительный заряд, появляются электрические волны, частота которых равна частоте обращения электрона, но волны эти не сопровождаются кольцом“.

Отрывок этот замечателен в том отношении, что Томсон силой фактов самой науки пришел к диалектической точке зрения. Он отвергает абсолютные формулировки. Законы электродинамики не нарушаются, но приложение их необходимо рассматривать во всей конкретности. Мы видели выше, как объясняется факт незначительного внешнего излучения при движении реального электрона по орбите. ²⁾ Метафизики поспешили объявить о полном отсутствии всякого излучения, о нарушении законов электродинамики. Том-

¹⁾ Вильям Томсон очень близко подходил к вопросу, изучая колебания вихревого кольца (см. статью В. Томсона, „О вихревых атомах“).

²⁾ Более подробное объяснение см. в нашей статье „Вихревая теория электромагнитного движения“. В этой же статье мы даем особую схему волнового движения в эфире.

сон, не соглашаясь с этим утверждением, остался на старой точке зрения, дополнив ее, однако, новыми соображениями применительно к конкретной обстановке.

Мы видим, таким образом, что теория Томсона является синтезом корпускулярной и волновой точек зрения. Свет корпускулярен постольку, поскольку в нем имеется квантовое ядро, но он представляет также систему волн постольку, поскольку ядро окружено системой электромагнитных колец обычного герцевского, типа, т. е. таких, которые при своем движении непрерывно расширяются, в то время как квантовое кольцо, двигаясь перпендикулярно своей плоскости, сохраняет свои размеры. Томсон утверждает, что квантовые ядра свойственны главным образом лучам очень большой частоты, например, рентгеновым. Самое замечательное, однако, это — связь квантовых колец с вихревой теорией материи. Нельзя не поразиться, действительно, сходством электромагнитного силового кольца с кольцами, фигурирующими в теории вихрей. Если принять во внимание то обстоятельство, что электромагнитная теория света Максвелла непосредственно связана с представлениями о вихрях, то указанное сходство приобретает силу прямого доказательства вихревой природы света и электромагнитных явлений вообще. О вихревой теории материи — в нижеследующих статьях Н. Е. Жуковского и В. Томсона.