

ЧАСТЬ ПЯТАЯ¹⁾

АТОМНАЯ ФИЗИКА

ГЛАВА VIII

СТРОЕНИЕ АТОМА И ТЕОРИЯ БОРА

§ 54. Исторические сведения

В 70-х годах прошлого столетия Максвелл в статье для энциклопедии писал: «Атом есть тело, которое нельзя рассечь пополам», и далее подчеркивал, что по господствующему мнению, которое он вполне разделяет, ни при каких процессах, вплоть до космических катастроф, не происходит разрушения атомов и изменения их числа. Всегда считалось очевидным, что протяженность бесконечно делима, но в отношении атома предполагалось, что атомы являются или точечными центрами сил (такое учение об атомах было развито Лейбницем, Кантом и наиболее подробно Босковичем), или же атомы являются ничтожно малыми абсолютно упругими тельцами, существующими вечно в неизменном виде, как «кирпичи мироздания», которые бесполезно представлять себе расчленяемыми на части, так как они по природе своей ни в каких реально возможных явлениях не разрушаются и не создаются (такое понимание атомов сложилось в результате развития учения Демокрита, Гассенди, Лесажа).

Таким образом, почти до начала XX в. атом понимали не только как химический предел делимости веществ (количественный процесс деления при рассеянии атома приводит к коренному, качественному преобразованию свойств), но считали атомы принципиально неразрушимыми. В связи с этим вопрос о строении атома казался выходящим за пределы физики. Считали, что все явления должны объясняться соударениями и взаимодействиями атомов и что нет явлений, изучение которых могло бы раскрыть строение атомов.

Для теоретической физики прошлого века было характерно стремление к синтезу механистической атомистики (кинетической теории газов) с динамической атомистикой, которая постепенно приобретала все более обоснованное содержание в учении об элект-

¹⁾ При подготовке к печати пятой и шестой частей курса много усовершенствований внес в текст книги Евгений Евгеньевич Жаботинский. Автор (К. Путилов) благодарит Е. Е. Жаботинского за его ценную помощь.

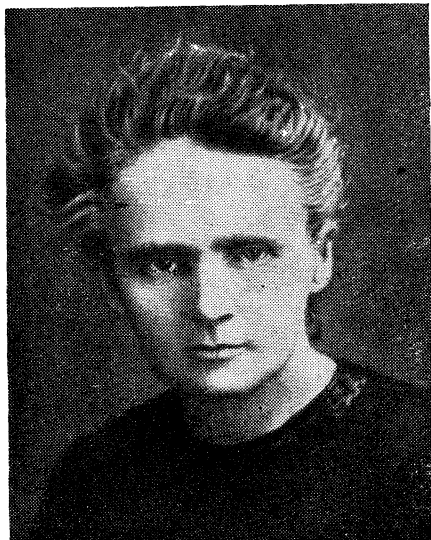
рической природе молекулярных сил и сил химического сродства. Основа для такого синтеза была дана теорией Фарадея — Максвелла о первенствующей роли среды во всех электромагнитных явлениях, включая явления в абсолютном вакууме. На этой новой почве возродилось декартово стремление рассматривать все процессы, силы и свойства тел как проявление движения атомов и скрытых движений в эфире.

Многие факты указывали на органическую связь электронов с атомами: это стало очевидным из законов электролиза, из опытов с катодными и анодными лучами (открытыми соответственно в 1869 и 1886 гг.), из опытов Столетова по фотоэффекту (1888 г.), из опытов с рентгеновыми лучами (открытыми в 1895 г.).

В те же годы вследствие быстрого развития электротехники (применения с 1891 г. линий электропередач трехфазного тока, электрификации заводов, распространения в городах электрического освещения, телеграфной связи и т. п.) создалось такое положение, что в истолковании электронных процессов физика начала заметно отставать от потребностей практики. Обнаружился главный недостаток теории — отсутствие ясного понимания связи электричества с атомами химических веществ.

Этот недостаток теории остро ощущался также в области применения физики для объяснения химических явлений. Открытие Д. И. Менделеевым периодической системы элементов подняло химию на новую ступень развития и вместе с тем показало, что, несмотря на неизменяемость атомов в химических реакциях, все основные химические свойства атомов (и в особенности их валентность) закономерно определяются структурой атомов.

Предположение об электрическом строении атомов впервые было высказано Вебером (в 1862, 1871, 1875 гг.) и развито в 80-х и 90-х годах Лорентцем. Но опытные данные, пригодные для обоснованного суждения о строении атома, еще отсутствовали. С последних лет прошлого столетия все исследования, которые могли прояснить строение атома, стали привлекать особое внимание



Мария Склодовская-Кюри (1867—1934).

физиков. Это привело на рубеже нашего века к ряду важных открытий.

В 1896 г. французский физик А. Беккерель обнаружил существование особых лучей — радиоактивного излучения, испускаемых постоянно и независимо от внешних условий соединениями урана. Через два года супруги М. Склодовская-Кюри и П. Кюри открыли

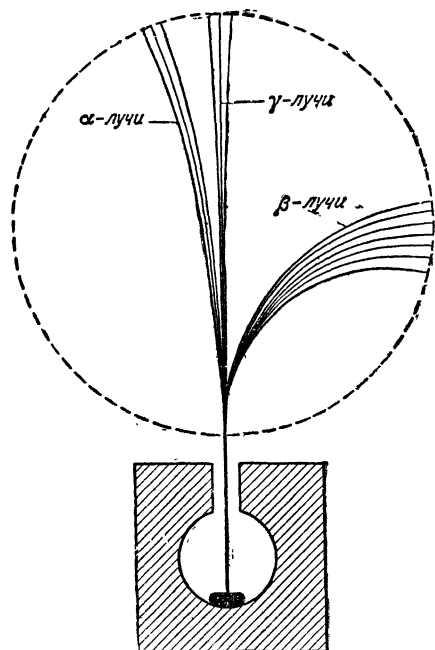


Рис. 213. Отклонение радиоактивных лучей в магнитном поле (линии поля перпендикулярны к чертежу и направлены от нас).

(в особенности γ - и β -лучи) глубокое физиологическое действие на живые организмы (смертоносны при больших дозах облучения) (рис. 213).

Было показано также, что интенсивность радиоактивного излучения не изменяется при нагревании или охлаждении радиоактивного вещества, не зависит от давления, электризации, намагничивания и не изменяется даже при химических реакциях¹⁾ (например,

аналогичное излучение у тория, радия и полония. В 1903 г. Резерфорд и Содди выдвинули теорию радиоактивного распада атомов. К этому времени уже было установлено, что наблюдаемые при явлениях радиоактивности альфа-лучи представляют поток положительных, дважды ионизированных атомов гелия (как стало ясно позже — ядер гелия); бета-лучи — поток электронов (скорости их впервые были измерены Кауфманом в 1901 г. методом отклонения в магнитном поле; т. II, § 67); гамма-лучи — электромагнитные волны с длиной волны меньшей, чем у самых жестких рентгеновых лучей.

В те же годы выяснилось, что радиоактивные лучи (в особенности α -лучи) вызывают сильную ионизацию воздуха и других газов и оказывают

¹⁾ Какое впечатление произвели на физиков первые сведения о радиоактивности, можно судить по сказанному Н. А. Умовым в статье «Эволюция атома», написанной в 1904 г.: «Мы строили макрофизику... Нам предстоит новая громадная задача: физика и химия атома — микрофизика и микрохимия. И мы стоим перед нею почти так, как стояли ученые в области электричества два столетия тому назад, зная только, что натертая смоляная палочка притягивает к себе легкое тело».

хлористый радий можно заменить бромистым, углекислым и т. д. — радиоактивность остается одинаковой при одинаковом содержании радия).

На основе изучения электрических явлений и радиоактивности к первым годам XX в. считалось доказанным, что: 1) внутри атома заключены электроны; 2) силы взаимодействия атомов и молекул (за исключением всемирного тяготения) имеют электрическое происхождение и 3) существует сходство в материальной основе атомов такое, что атом одного элемента может превращаться в атом другого элемента.

Оставалось, однако, неясным, какую роль играет во внутреннем строении атома положительное электричество.

Никакая совокупность точечных положительных и отрицательных зарядов, связанных взаимодействием только по закону Кулона, не может ни при каком расположении зарядов оказаться устойчивой системой. Можно доказать в самом общем виде, что если бы при некотором расположении зарядов силы притяжения и отталкивания между всеми зарядами оказались уравновешенными, то малейший сдвиг одного из зарядов уже безвозвратно нарушил бы равновесие (*теорема Ирншоу*). Учитывая это и стремясь к наибольшей простоте в гипотезе о строении атома, Кельвин в 1902 г. предположил что положительный заряд атома распределен с равномерной плотностью по объему атома¹⁾.

Расчеты Кельвина показали, что внутриатомные электроны вследствие взаимного отталкивания и притяжения к центру атома должны были бы образовать несколько групп в виде концентрических слоев²⁾.

Модель атома Кельвина была видоизменена Дж. Дж. Томсоном, который, сохранив гипотезу Кельвина о равномерном распределении положительного электричества, предположил, что электроны движутся по орбитам. Томсон показал, что по законам классической электродинамики количество излучаемой электронами энергии

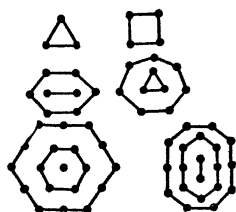


Рис. 214. Расположение магнитиков в опытах Майера.

¹⁾ Так как атомы имеют размеры порядка 10^{-8} см, а электроны 10^{-13} см, то нужно представить себе атом величиной с комнату, чтобы электроны получили размер самой малой типографской точки.

²⁾ Возникновение устойчивых электронных слоев иллюстрируется простым опытом Майера. Несколько магнитов заставляют плавать в сосуде с водой. Магнитами могут служить стальные иголки, воткнутые в кружки, изготовленные из пробки. Магниты должны быть расположены так, чтобы над поверхностью воды находились одноименные, например положительные, полюсы. Над центром сосуда подвешивается намагниченный стержень, обращенный отрицательным полюсом к поверхности воды. Он притягивает положительные полюсы маленьких плавающих магнитов и заставляя их группироваться в кольца (рис. 214),

должно было бы зависеть от степени урегулированности вращения электронов больше, нежели от их скорости¹⁾. Излучения не было бы совершенно, если бы электроны на орбите были расположены так тесно, что образовали бы непрерывное кольцо отрицательного электричества.

В течение 10 лет теория Дж. Дж. Томсона пользовалась общим признанием. На почве этой первой модели атома было разработано учение о внутриатомных вибраторах, разъяснявшее сложный характер явлений дисперсии и поглощения света, возникло учение о поляризации атомов, был понят физический смысл диэлектрической постоянной, предсказано существование изотопов.

§ 55. Опыты, обнаружившие ядерное строение атомов

В 1911 г. из опытов Резерфорда обнаружилось, что теория Дж. Дж. Томсона в самом существенном пункте неверна, а именно ошибочным оказалось предположение, что положительное электричество распределено равномерно по объему атома.

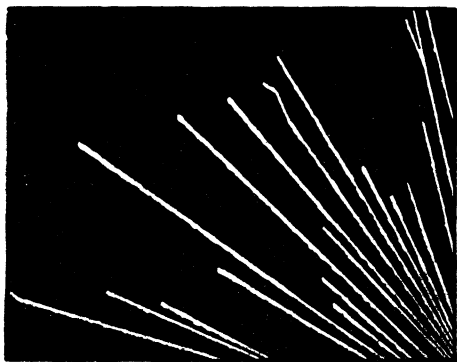


Рис. 215. Траектории α -частиц по фотографии Вильсона.

В опытах, начатых Резерфордом и продолженных Гейгером, Марсденом и др., исследовались законы соударения атомов. С этой целью Резерфорд подвергал бомбардировке мишени из различных химических элементов, направляя на них тонкий пучок α -частиц.

Масса α -частицы в 7300 раз больше массы электрона, поэтому столкновение α -частицы с электроном не может заметно затормозить

ее движение или сильно отклонить от первоначального прямолинейного пути. Но столкновение с массивным атомом вызывает значительное изменение скорости α -частицы и по величине, и по направлению.

Чтобы судить о характере соударений α -частиц с атомами, необходимо наблюдать траектории α -частиц. Для этого есть два пути:

¹⁾ Шесть электронов, движущихся по одной орбите на равных расстояниях один от другого со скоростью в $\frac{1}{10}$ скорости света, должны были бы излучать в 6 млн. раз меньше энергии, чем один электрон, движущийся с той же скоростью по той же орбите. Излучение световых волн атомами оказалось происходящим иначе, чем предполагал Томсон, но его выводы сохранили значение для движения электронов в ускорительных приборах.