

~~ВЗ~~
58-20

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

КЛАССИКИ ФИЗИКИ

ЧИТ. ЗАЛ



ЭРНЕСТ
РЕЗЕРФОРД

УЧПЕДГИЗ·1958



Эрнест Резерфорд (1871—1937).

КЛАССИКИ ФИЗИКИ



Л. П. Куби с

ЧИТ. ЗА

Э Р Н Е С Т
РЕЗЕРФОРД

ОЧЕРК ЖИЗНИ
И
НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР

Москва—1958

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

2165/8
59

21
10836

B3/
~~58-20~~

ВВЕДЕНИЕ

Эрнест Резерфорд является крупнейшим ученым XX века. Ему принадлежит ряд выдающихся открытий в области современной физики.

К числу основных научных результатов, полученных Резерфордом, относится открытие так называемой планетарной модели атома, сыгравшее большую роль в решении старого проблемного вопроса о строении вещества.

Каковы структурные частицы материи—это издавна интересовало ученых. Различные гипотезы о свойствах этих частиц высказывали и древние греки, и исследователи эпохи средневековья, и такие известные естествоиспытатели и философы XVII—XVIII веков, как Ньютон, Декарт, Ломоносов.

Вопрос об атомах снова возникает как один из наиболее важных на рубеже XIX—XX веков в связи с общим подъемом науки. В это время предлагаются первые атомные модели, как например Вильяма Томсона и Джона Томсона. Но, как теперь стало ясно, первой, близкой к действительности, явилась модель атома, открытая Резерфордом. Она послужила основой для создания современных представлений об атоме.

Резерфорду принадлежат и многочисленные исследования самопроизвольного распада атомов (естественная радиоактивность). Результатом этих исследований было выяснение природы радиоактивного излучения, а также создание теории радиоактивного распада.

Опыт показывает, что на естественную радиоактивность нельзя повлиять какими-либо внешними

факторами, как например изменениями температуры или давления. Исследователь не может ускорить или замедлить этот процесс, а ведь для целей практики наиболее важны именно такие явления в атомах, которыми можно было бы управлять тем или иным образом. Вопрос о том, как искусственно превращать атомы различных элементов друг в друга, вызывает особый интерес.

Самым выдающимся научным открытием Эрнеста Резерфорда, совершившим целый переворот в естествознании, было осуществление искусственного превращения элементов.

Резерфорд показал, что ядра атомов можно зондировать при помощи частиц; попадая в ядра частицами, можно подвергать их разнообразным превращениям. Впервые человек вмешался в жизнь атомов и направил ее по своему усмотрению! Это открытие Резерфорда составило важнейший этап истории получения атомной энергии.

Изучением искусственного деления легких элементов, как и исследованиями в области естественной радиоактивности, Резерфорд внес значительный вклад в развитие учения о превращении ядер. Им были осуществлены первые ядерные реакции, что явилось началом развития самой большой в настоящее время области науки—физики ядерных реакций.

Эрнест Резерфорд является автором и ряда важных гипотез. Существование колоссальных запасов ядерной энергии, ядерных сил, наличие в природе таких частиц, как нейтроны, дейтроны, позитроны,— вот далеко не полный перечень предсказаний Резерфорда, каждое из которых уже подтвердилось на опыте.

На основании сказанного можно прийти к выводу, что Резерфорд является одним из основателей современной атомной физики. Наряду со многими другими исследователями он способствовал раскрытию внутреннего мира атомов и указал на дальнейшие пути развития ядерной физики. Но по значению сделанных им открытий, по глубине высказанных идей лишь немногие могут сравняться с ним. В истории науки Резерфорд стоит наравне с такими гениями, как Галилей, Ньютон, Максвелл.

Резерфорд известен и как воспитатель большой школы физиков. Он учил точности в работе, наиболее рациональным методам исследования, неутомимости в достижении поставленной цели, смелости идей—качествам, которыми обладал сам.

Автор воспользовался воспоминаниями учеников и сотрудников ученого для составления настоящей книги. Эти воспоминания в основном содержатся в лекциях, посвященных памяти Резерфорда и прочитанных в Лондонском физическом обществе в период 1940—1950 годов¹.

Автор

¹ Rutherford by those who knew him, Being, the collection of the first five Rutherford lectures of the Physical Society, London, The physical Society, 1954.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ДЕТСКИЕ И ЮНОШЕСКИЕ ГОДЫ

(1871—1897)

Родина Резерфорда. Родиной Резерфорда является сравнительно молодая страна — Новая Зеландия. В 1642 году в южной части Тихого океана европейцами были открыты два новозеландских острова. Заселяли эти острова племена маори.

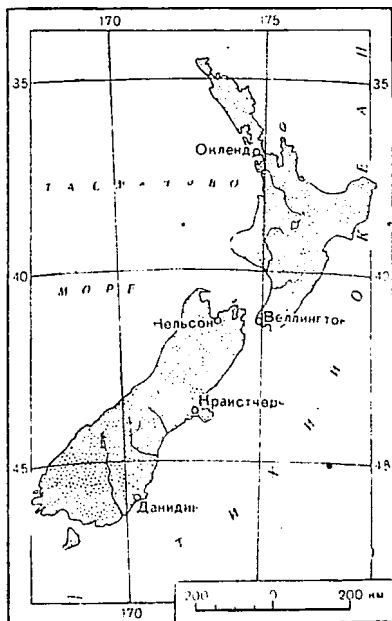
Хорошие природные условия, исключительно благоприятные для земледелия и скотоводства, с течением времени привлекали все большее внимание чужеземцев, особенно французов и англичан. Начинается борьба за Новую Зеландию. В 1840 году Англия, вытесняя своего соперника Францию и подавляя длившееся десятилетиями сопротивление маори, захватывает Новую Зеландию и превращает ее в свою колонию. Местное население, намного поредевшее после длительной борьбы с колонистами, оттесняется на худшие земли.

С 1861 года благодаря обнаружению на островах залежей золота происходит особенно интенсивное заселение страны чужеземцами. Развивается промышленность Новой Зеландии, увеличивается экспорт продукции. Появляются консервные, кожевенные, чугунолитейный, машиностроительный заводы, обувная фабрика и др.

К концу века около 40% населения страны составляют европейцы, и этим определяется уровень культуры. В соответствии с данными 1892 года при общей численности населения в 626 658 человек в Новой Зеландии насчитывалось 1302 общественные школы, 24 высшие школы (из них 7 для девочек), 274 частные школы, 10 ремесленных школ. В это же время издавалось 178 газет, из них 52 ежедневно.

К 1896 году в каждом более менее крупном городе имелись трамваи и телефоны.

При всем этом маори фактически никакими правами не пользовались. Правительство Новой Зеландии имело сугубо европейское происхождение. Губернатор страны с его помощниками (8 министров) назначался британским правительством. Верхняя палата состояла из 46 членов, из которых лишь 2 представляли маори. В нижней палате из 74 членов маори было только 4 человека. Все государственные вопросы решались в угоду политике колониализма¹.



Родина Резерфорда.

Идея приобретения по дешевой цене плодородной земли казалась шотландцу Георгу Резерфорду особенно заманчивой. В 1842 году он покидает родину и в качестве колониста переезжает с семьей в Новую Зеландию. Возможно, Георг Резерфорд осуществил бы свой замысел двумя годами раньше, т. е. сразу же после захвата Новой Зеландии Англией, но его сын Джемс, родившийся в 1839 году, был слишком мал для такого далекого путешествия. Так, Джемс Резерфорд — отец будущего великого физика — стал новозеландцем.

Когда Джемсу было 26 лет, он подружился с учительницей английской школы. Ее звали Мартой Томсон. Марта была исключительно трудолюбивой и хорошо образованной девушкой, и Джемс решил, что она составит ему счастье. В 1866 году они поженились.

¹ Статут доминиона Англии Новая Зеландия получила в 1907 году.

Неизвестно, как сложилась бы жизнь Джемса Резерфорда в Шотландии, но в Новой Зеландии он не имел тех благ, о которых мечтал его отец. Большая работоспособность и выдержка, которыми отличался Джемс, не помогли ему обзавестись каким-либо состоянием. Может быть, в этом был виноват его слишком мягкий характер. В разные периоды своей жизни Джемс был и подрядчиком строевого леса, и инженером, и мелким фермером, но почти всегда он испытывал материальные затруднения.

Эрнест родился 30 августа 1871 года недалеко от города Нельсон в деревне Детские и юношеские годы. Брайтуотер на Южном острове Новой Зеландии. Он был шестым членом семейства. Джемс Резерфорд в это время занимался культивацией льна и едва сводил концы с концами, чтобы кое-как содержать семью, которая все время увеличивалась. Кстати заметим, что десятью годами позже у Резерфордов было уже 12 человек детей.

Имея небольшое хозяйство, Джемс не пользовался популярностью как фермер. Но он был известен как специалист по очень актуальному в Новой Зеландии вопросу с практическим применением энергии движения воды. Дешевая энергия, получаемая при помощи водяных колес, особенно широко использовалась в новозеландских деревнях. К сожалению, инженерные способности Джемса существенно не увеличивали его дохода.

Все тяготы большого семейства и небольшого, но хлопотливого хозяйства выносила на своих плечах жена Джемса Резерфорда Марта. Она оказалась не только трудолюбивой, но и исключительно выносливой женщиной. Выполняя множество дел по хозяйству и по дому, полностью обслуживая детей, Марта находила время еще и работать учительницей. Особенно большое место в ее жизни занимало воспитание детей. Не случайно впоследствии она пользовалась глубоким уважением со стороны всех членов семейства; не случайно и то, что двое ее сыновей стали известными учеными.

Раннее детство Эрнеста было связано с фермой отца, проходило на лоне новозеландской природы, среди степей и лесов. Эрнест рос здоровым и жизне-

радостным ребенком, любил веселые игры, лесные прогулки. С ранних лет он проявлял большую пытливость. И это сказалось в годы учебы Эрнеста. Поступив в начальную школу, мальчик с первых же дней хорошо учился и успешно окончил ее.

К счастью Эрнеста Резерфорда, по законам новозеландских органов просвещения того времени все окончившие начальную школу с отличием получали в виде вознаграждения стипендию, которая позволяла продолжать учебу в средней школе. Такую стипендию получил и Эрнест. И родители отдали его в среднюю школу.

В это время мальчик еще не проявляет интереса к какому-нибудь определенному вопросу. Его увлекает буквально все. Жадно прочитываются любые книги независимо от того, к какой области они относятся. Больше всего ему приходится читать художественную литературу. Его любимым писателем становится Чарлз Диккенс. Очевидно, под влиянием Джемса Эрнест занимается и моделированием. Он строит различные механические модели и обнаруживает при этом немалую изобретательность. Особенно Эрнест увлекается моделями водяных колес, которые применяются его отцом и другими фермерами.

Большой интерес мальчик проявлял также к часам. Как только они попадали к нему в руки, тут же полностью разбирались, превращаясь в кучку деталей. Увлекался он и фотографией и добился в этом деле большого успеха: собственноручно построил фотоаппарат, что было для того времени нелегкой задачей.

Средняя школа, в которую Эрнест Резерфорд поступил в 1887 году, называлась „Нельсон-колледж“. Здесь Эрнест вскоре выделяется своими разносторонними способностями и прилежанием. По всем предметам (математика, английский и французский языки, латынь и др.) он становится лучшим учеником.

Большую привязанность юноша проявляет к учителю математики мистеру Литтлджону, которому он был обязан хорошими знаниями в математике. Литтлджон в свою очередь внимательно относился к Эрнесту. В свободное время они часто гуляли около

колледжа, в узком переулке, обсуждая математические вопросы. Иногда во время этих бесед учитель останавливался и палкой рисовал на дороге нужный ему чертеж.

Немалый интерес проявляет Эрнест и к химии. Химия была в колледже необязательным, факультативным, предметом, и лишь Резерфорд изучал эту науку.

В выходные дни юноша любил развлекаться на лоне природы, занимался охотой или рыбной ловлей. А в Новой Зеландии было где развлечься; горы и леса Южного, вулканы и живописные озера Северного островов представляли обширное поле для проведения досуга.

В 19-летнем возрасте Эрнест успешно заканчивает среднюю школу. Он намеревается поступить в высшее учебное заведение. Особое предпочтение Эрнест отдавал университетскому образованию, но мечта поступить в университет казалась ему настолько несбыточной, что даже после сдачи вступительных экзаменов он в течение долгого времени удивлялся и утверждал, что не провалился лишь по воле случая.

Перед Резерфордом не было большого выбора. В стране существовал лишь один университет, в городе Крайстчерче. Он назывался Кэнтербери-колледж. Новозеландский университет образовался в 1870 году преимущественно для белых поселенцев (это были большей частью сельские жители), которых к этому времени в стране уже насчитывалось около четверти миллиона. Эрнест Резерфорд поступил в Кэнтербери-колледж в 1890 г., когда в нем было всего 150 студентов и 7 профессоров-преподавателей. Но преподавательский штат был достаточно квалифицированным, так что здесь можно было приобрести прочные знания. По своим убеждениям профессорский состав не отличался единством взглядов, и это чувствовали студенты университета. Профессор химии и физики Бикертон часто критиковал устарелые научные теории, смело выдвигая новые; профессор же математики Кук, наоборот, был консерватором в науке. Он ратовал за схоластические методы преподавания. В то же время Кук прекрасно

владел своим предметом. У него Эрнест получил прочные знания математики, в результате чего смог критически оценить порой фантастические теории Бикертонна. С другой стороны, у Бикертонна Резерфорд научился смелости идей, умению экспериментировать, обобщать; эти черты особенно ярко проявлялись в его научной деятельности.

Серьезные занятия в университете, первые успехи в научном творчестве не помешали Эрнесту сохранить простоту и скромность, искренность и веселый нрав детских лет. Он с увлечением занимается спортом и активно участвует в лучшей футбольной команде колледжа. Он принимает также живое участие в различных спорах, любит целыми часами беседовать со своими товарищами на самые разнообразные темы. Со второго курса Эрнест систематически участвует в научных дискуссиях, а также в организованном в 1891 году университетском научном обществе. В этом обществе обсуждались не только научные работы студентов, но и доклады о новейших успехах науки:

На первом заседании общества Эрнест выступил с докладом „Эволюция элементов“. В этом докладе он высказал свою собственную точку зрения на атомы: атомы—сложные образования; в их состав входят одни и те же частицы. Между тем речь идет о периоде, когда со времен Дальтона в большинстве случаев атомы рассматривались как неразрушимые, неизменные, простые образования. Это было за шесть лет до открытия электрона, явившегося одним из фундаментальных подтверждений сложной структуры атома. Никто из слушателей не поддержал эту идею, более того, некоторые присутствующие были явно возмущены чрезмерной смелостью Эрнеста. Да и сам Эрнест решил, что, видимо, он зашел слишком далеко.

К этому времени относится первая научная работа Резерфорда. Она проводилась в бедно оборудованной лаборатории Бикертонна, в маленьком, холодном университетском сарае. Страстно увлекаясь экспериментом, Эрнест исследует радиоволны, открытые Генрихом Герцем в 1888 году. Он открывает новый факт: волны Герца, вызывая высокочастотные

токи, внезапно размагничивают стальную проволоку. Этот результат был опубликован и произвел большое впечатление на университетское общество.

С Новозеландским университетом связано и первое сильное юношеское увлечение Эрнеста. Здесь он встречается с Мери Ньютон, которая впоследствии становится подругой его жизни. Из-за материальной необеспеченности Эрнест в течение долгого времени оставался помолвлен с Мери: они поженились лишь в 1900 году.

После успешного окончания Кэнтербери-колледжа в 1894 году Эрнест Резерфорд делает попытку преподавать. Он становится учителем английской средней школы („хайскул“) в Крайстчерче. Но преподавательская деятельность Эрнеста была бесславной. Он так увлекался своими рассказами, что ученики спокойно могли уходить и заходить, не боясь, что учитель их заметит. Пообещав наказать ученика за какую-нибудь шалость, Эрнест тут же забывал об этом. В классе часто царил шум и беспорядок. Ученики злоупотребляли добротой и забывчивостью своего учителя. И Резерфорд вскоре оставил преподавательскую деятельность.

По окончании университета Эрнесту была присуждена крупная премия того времени, выдаваемая по окончании высшего учебного заведения наиболее отличившимся молодым людям, „стипендия 1851 года“. Она и дала возможность Резерфорду совершенствоваться в течение последующих трех лет в Кэвендишской лаборатории Кэмбриджского университета.

В конце прошлого столетия Кэвендишская лаборатория благодаря большому значению исследований, которые в ней проводились под руководством крупнейших ученых, стала известным научным центром мира. В период с 1874 по 1879 год лабораторией руководил Джемс Клерк Максвелл—основатель важнейшего раздела классической физики—теории электромагнитного поля. С 1879 по 1884 год пост директора Кэвендишской лаборатории занимал Рэлей, а с 1884 года—Джозеф Джон Томсон.

В период заведования лабораторией Дж. Дж. Томсон проводил исследования электрического тока в газах;

его внимание было устремлено на раскрытие природы катодных лучей. В процессе исследования свойств катодных частиц Томсон получил в 1897 году выдающийся результат—им был открыт электрон!

Изучение строения атома было главной темой лаборатории. Именно здесь была создана первая научно обоснованная модель, носящая имя Дж. Дж. Томсона. Следовательно, Томсоном, а вместе с тем и Кэвендишской лабораторией решались важные, актуальные проблемы времени.

Одновременно с 24-летним Резерфордом в Кэвендишскую лабораторию прибыли из Франции Ланжевен и из Ирландии—Таунсенд. В Кэмбридже завязалась большая дружба Резерфорда с Ланжевеном. Весьма возможно, что Поль Ланжевен, впоследствии прогрессивный французский научный деятель и большой друг Советского Союза, имел положительное влияние на Эрнеста. Спустя двадцать с лишним лет, когда Резерфорд сам заведовал Кэвендишской лабораторией,—это были первые, трудные, годы существования советской власти в нашей стране,—он оказал помощь Советскому Союзу в подготовке научных кадров. Так, например, благодаря Резерфорду с 1922 по 1934 год в Кэвендишской лаборатории обучался советский физик, ныне академик Капица. В этой лаборатории он провел ряд весьма важных научных исследований.

Во время прибытия Эрнеста в Кэмбридже Томсон пребывал в расцвете своей творческой деятельности. 3 октября 1895 года Резерфорд писал Мери Ньютон: „Я очень доволен, что приехал в Кэмбридж. Как я и думал, Томсон восхитителен“¹.

В Кэмбридже Резерфорд энергично берется за работу, быстро входит в общество Томсона и становится его ассистентом. Вместе с Томсоном он изучает прохождение электрического тока через газы, а в 1896 году публикуется их совместная работа о методах ионизации воздуха рентгеновскими лучами.

¹ Rutherford by those who knew him, Being the collection of the first five Rutherford lectures of the Physical Society, London, The physical Society, 1954.

Работа с Томсоном в указанной области доставила Резерфорду некоторую известность в научном мире. Но в течение трех лет пребывания в Кэмбридже, до 1898 года, Резерфорд постоянно ощущает материальную необеспеченность. Кроме того, его стремление к большим научным успехам остается неудовлетворенным. Именно поэтому Эрнест Резерфорд в сентябре 1898 года без колебаний принимает приглашение Монреальского университета в Канаде занять кафедру физики. В письме к Мери Ньютон в августе 1898 года он жаловался: „Я выгляжу смешным, наблюдая успехи других, но я надеюсь, что стану равным среди них“¹.

Это стремление Резерфорда ко все большим успехам, поиски широкого поля деятельности, желание быть в первых рядах—качества, которые сохранились в нем на всю жизнь,—некоторые его сотрудники более поздних времен расценивали как тщеславие, болезненно-эгоистическое отношение к вопросам приоритета и др. Однако вряд ли можно безоговорочно согласиться с тем, что он в действительности обладал упомянутыми качествами. Дело в том, что в годы, к которым обычно относят такую оценку его личности, Резерфорд был уже слишком прославленным для того, чтобы ревностно относиться к успехам других.

Сотрудник Резерфорда по Манчестерскому университету Руссель пишет: „Резерфорд часто говорил... что люди науки должны ставить себя в зависимость не от идей отдельного человека, а *от общей мудрости тысяч людей, думавших над той же проблемой, и каждый должен добавлять свою долю в большое здание науки* (курсив наш. — Л. К.).

¹ Rutherford by those who knew him, Being the collection of the first five Rutherford lectures of the Physical Society, London, The physical Society, 1954.

ГЛАВА ВТОРАЯ

В КАНАДЕ

(1898—1906)

Историческая обстановка. Начало научной деятельности Резерфорда относится к периоду перехода крупнейших стран мира в империалистическую стадию развития со всеми свойственными ей противоречиями. С одной стороны, следствием загнивания класса капитализма является идеологическая реакция, с другой стороны, создание новых отраслей промышленности ставит запросы перед наукой, требует все новых исследований.

Этот период характеризуется особенно бурным развитием науки, в первую очередь естествознания. Не только в промышленности, но и в сельском хозяйстве все шире используются научные открытия. Особенно широкое применение находят данные электротехники, химии, молекулярной физики, оптики. Вместе с тем развитие различных областей промышленного производства и сельского хозяйства в свою очередь обуславливает научный прогресс.

Вокруг больших научных открытий (обнаружение переменной массы электрона, открытие радиоактивности) возникает острая философская борьба. И ученые, истолковывая свои открытия, хотели они этого или нет, невольно включались в эту борьбу.

Открытие электрона. 1897 год был ознаменован окончательным выяснением природы катодных частиц.

Вопрос о том, что представляют собой катодные лучи, занимал умы многих ученых второй половины XIX века. Ответ на него был получен не сразу. Вначале высказывались различные предположения; некоторые из них опирались на опыт и имели глубокий



Вильям Крукс.

физический смысл. Так, например, Вильям Крукс в 1874 году в одном из докладов о катодных лучах говорил, что лучи эти, поскольку они испускаются атомами, представляют собой собрание тех же частиц, которые входят и в состав атомов; на основании проведенных им экспериментов он утверждал, что катодные частицы — электроны — несут отрицательные заряды. Годом раньше, выступая на собрании Британской ассоциации ученых, Максвелл назвал

атомы *неразрушимыми* и *неизменными*, „краеугольными камнями материального мира“. Большая часть присутствующих ответила докладчику молчаливым согласием. Такой точки зрения придерживались почти все естествоиспытатели того времени. Таким образом, во времена, когда большинство физиков и химиков считало атомы простыми образованиями, Крукс посягнул на неделимость атомов; он предложил считать кирпичи мироздания состоящими из электронов! Это было неслыханно.

К сожалению, Крукс счел возможным, и этим он существенно умалил значение своих идей, рассматривать катодные лучи как „материю в четвертом состоянии“, как четвертое, особое агрегатное состояние вещества, как „мир, в который мы никогда не будем в состоянии войти“... Идея была признана сумасбродной.

Многие ученые конца XIX века при исследовании свойств катодных частиц пытались отклонить катодный луч электрическим полем конденсатора. Однако все попытки оставались безуспешными. Джозеф Джон Том-

сон не только преодолел указанную трудность, но и объяснил ее. Он показал, что катодный луч в опытах других исследователей не отклонялся по причине плохого вакуума. Катодные частицы ионизировали остатки газа, образованные же ионы нейтрализовали заряд конденсатора. Вместе с тем Томсон показал ошибочность теории Герца, пытавшегося теоретически обосновать невозможность электрического отклонения катодных лучей. Герц считал, что отрицательные катодные частицы нейтрализуются летящими в противоположную сторону положительными, излученными из анода.



Джозеф Джон Томсон.

Опытное определение отношения заряда к массе привело Томсона к выводу, что частицы, составляющие катодные лучи, намного меньше известных ранее: при равных зарядах отношение $\frac{e}{m}$ для катодной частицы было значительно большим аналогичного отношения для водородного иона. Электрон или, как говорил Томсон, „корпускула“ оказалась в 1840 раз меньше водородного атома. А поскольку электроны, имеющие одинаковые свойства, можно было получить из различных веществ, то электрон был признан составной частью атома. Тем самым Томсон экспериментальным путем опроверг идею об атомах как неделимых, неразрушимых частицах; вместе с тем он подтвердил уже существовавшую в то время гипотезу об электрических свойствах материи. В 1897 году Томсон сообщил Лондонскому королевскому обществу о результатах своей работы.

Обнаружение радиоактивного распада атомов. В 1896 году был обнаружен самопроизвольный распад атомов. Физика обогатилась еще одним величайшим открытием. Изучению распада радиоактивных веществ Резерфорд и посвятил свою дальнейшую деятельность, тем самым он принял непосредственное и самое активное участие в исследованиях, составивших основу современной ядерной энергетики. Вместе с тем он связал свою жизнь с проблемами, которые и по сей день вызывают горячие споры физиков, химиков и философов. Дело в том, что изучение самого существа радиоактивности связано с решением таких острых вопросов, как изменчивость атомов, взаимосвязь массы и энергии, структура частиц материи и т. д.

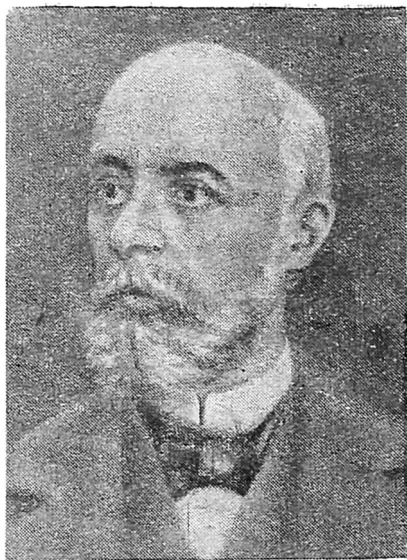
Изучением радиоактивности Резерфорд занялся не случайно. Он писал об этом: „Мое вступление в область радиоактивности естественно вытекало из исследований ионизирующего действия рентгеновских лучей в лаборатории Дж. Дж. Томсона в 1896 году. К тому же времени Беккерель обнаружил свойство урана испускать лучи с большой проникающей способностью“¹.

В 1895 году, т. е. за три года до приезда Резерфорда в Канаду, Ленард изучал процесс прохождения катодных лучей через тонкие металлические листки и обнаружил интересное явление: какие-то лучи вызывали свечение стекла внутри разрядной трубки. Подобные исследования проводил и Рентген. Он заметил, что из мест люминесценции через стекло трубки Крукса проходят какие-то неизвестные еще лучи, обладающие способностью ионизировать, проникать через вещество и не отклоняющиеся магнитным полем. Дальнейшие исследования показали, что эти лучи, названные рентгеновскими, можно получить не только из стекла, но и из тяжелых металлов, как, например, вольфрама или платины, помещенных на пути катодных лучей.

В поисках способов получения рентгеновских лучей другим путем (не из трубки Крукса) Антуан Бекке-

¹ Файнбойм, Эрнест Резерфорд, „Физика в школе“, 1938, № 2.

рель обнаружил радиоактивные излучения, которые испускались самопроизвольно, без каких-либо внешних воздействий. Вначале он исследовал флюоресцирующие соли урана. Испытываемая соль помещалась на фотографическую пластину, завернутую в светонепроницаемую бумагу, и подвергалась действию солнечных лучей. Соль флюоресцировала, и на пластинке появлялось изображение. 24 февраля 1886 года на заседании Французской Академии наук Беккерель сообщал:



Антуан Беккерель.

„Фотографическую бромосеребряную пластинку Люмьера обертывают двумя листками очень плотной черной бумаги... На наложенный сверху лист бумаги накладывают какое-нибудь фосфоресцирующее вещество (бисульфат урана и калия), а затем все это выставляют на несколько часов на солнце. При проявлении фотопластинки на черном фоне появляется силуэт фосфоресцирующего вещества.

Если между фосфоресцирующим веществом и бумагой поместить монету или узорный металлический экран, то на пластинке появится силуэт этих предметов¹. Аналогичный эффект наблюдался и в том случае, когда между пластиной и солью прокладывались тонкие листочки меди или алюминия. Дальнейшие исследования показали, что результат не изменится, если тот же опыт проводить в абсолютной темноте и с нефлюоресцирующими солями. Во втором сообщении Французской Академии наук, состоявшемся

¹ М. Намиас, Ядерная энергия, освобождение и использование, перевод с французского, ИИЛ, 1955.



Вильгельм Конрад Рентген,

2 марта 1896 года, Беккерель говорил: „Лучи, испускаемые этим веществом под влиянием солнца или просто света, проникают не только сквозь черную бумагу, но и сквозь различные металлы, например пластинку алюминия или лист меди толщиной приблизительно 0,1 миллиметра...

Я особенно настаиваю на следующем факте, кажущемся мне весьма значительным, хотя он и не поддается непосредственному наблюдению. Те же кристал-

лические пластинки, содержащиеся в темноте в условиях, когда возникновение радиации под действием солнечного света исключается, дают тем не менее фотографические отпечатки. В среду 26 и в четверг 27 февраля 1896 года солнце появлялось лишь с большими промежутками. Я отложил совсем подготовленные опыты и, не трогая кристаллов соли урана, установил кассеты в ящике стола в темноте. В следующие затем дни солнце не появлялось вовсе и, проявив фотографические пластинки 1 марта, я обнаружил на них совершенно отчетливые контуры.

Было бы естественным предположить, что это излучение, весьма схожее по своим последствиям с излучением, изучавшимся Ленардом и Рентгеном, есть не что иное, как *невидимое* излучение, возникающее в процессе фосфоресценции, и длительность такого излучения бесконечно больше люминесцентного излучения, испускаемого теми же веществами (0,01 сек.)¹.

¹ М. Намиас, Ядерная энергия, освобождение и использование, перевод с французского, ИИЛ, 1955.

Наконец, 18 мая 1896 г. Антуан Беккерель делает ясный вывод о радиоактивности урана. Он говорит: „Все изученные мною соли урана, обладающие и не обладающие фосфоресценцией, кристаллизующиеся, расплавленные или находящиеся в растворе, обладают некоторыми одинаковыми свойствами. Это заставило меня прийти к выводу, что присутствие урана во всех этих солях оказалось более значительным фактором, чем наличие других составных частей...



Мария Кюри.

Опыт, проведенный с порошком урана, подтвердил это предположение...¹

Многочисленные исследования радиоактивности были проведены также супругами Кюри. Изучая радиоактивное излучение урановых руд, в 1898 году Мария Кюри нашла, что урановая руда в четыре раза активнее самого урана, хотя последний содержится в ней лишь наполовину. Это указывало на наличие в руде еще неисследованного радиоактивного вещества. Чтобы получить его, из остатков смоляной руды (после выделения урана), представляющих собой сернокислые соли, Пьер и Мария Кюри выделили хлористый барий, активность которого говорила о присутствии в нем другого вещества, сходного с $BaCl_2$. При этом М. Кюри заметила, что если хлористый барий растворять в воде и выкристаллизовывать, то кристаллы получаются более активными, чем соль, оставшаяся в растворе. Значит, искомое вещество, очевидно, менее растворимо и быстрее

¹ М. Н а м и а с, Ядерная энергия... ИИЛ, 1955.



Пьер Кюри.

выпадает в кристаллы. При многократном повторении процесса кристаллизации было получено в декабре 1898 года совершенно чистое соединение, названное хлористым радием. 26 декабря 1898 года супруги Кюри через Беккереля сообщили Академии наук следующее: „Во время наших исследований мы встретились с еще одним весьма сильным радиоактивным веществом... Новое вещество, весьма похожее по своему химическому поведению на барий, под дей-

ствием аммиака не осаждается... Мы получили хлористые соединения этого вещества, причем они оказались в 900 раз активнее аналогичных соединений урана. Демаркней подверг наше новое вещество спектральному анализу и обнаружил линию ($3814,8 \text{ \AA}$), не свойственную ни одному известному элементу. Интенсивность этой линии возрастала по мере возрастания радиоактивности хлористых соединений, обогащавшихся этим веществом, которое мы предлагаем назвать *радием*.

...Полминутного воздействия полония и радия достаточно, чтобы получить четкие отпечатки на фотопластинках. Чтобы добиться таких же результатов с ураном и торием, необходимо несколько часов...“¹. Позже (1910) Мария Кюри и Андре Дебьерн выделили путем электролиза металлический радий.

¹ М. Намиас, Ядерная энергия, освобождение и использование, перевод с французского, ИИЛ, 1955.

Тщательно изучая на радиоактивность все элементы таблицы Менделеева, Мария Кюри обнаружила радиоактивность тория и показала, что последний более активен, чем уран. Как писала Мария Кюри, „активность окиси тория превосходит даже активность металлического урана. Лучи тория обладают большей проникающей способностью, чем лучи урана“¹. Мария Кюри, далее, установила, что процесс радиоактивного распада вещества вовсе не зависит от того, в какие соединения входит это вещество. Но если в различных соединениях мы имеем дело с одними и теми же атомами данного вещества, то радиоактивность—*атомный эффект*. И так как источниками радиоактивных излучений являются атомы, то тем самым подтверждается *сложная структура атома*. Ответить на вопрос, из каких структурных элементов состоят атомы, помогает изучение свойств радиоактивных частиц. Этим вопросом и занялся Резерфорд.

В Канаде. В Канаде, в физических лабораториях Макдональда, он организует крупнейший центр по изучению радиоактивности и вскоре приобретает мировую славу. Вместе с тем мировую известность получает и Монреальский университет. В Канаде Резерфорд провел в общей сложности 10 лет. За это время он тщательно исследовал физическую сущность радиоактивности, вместе с Содди развил основные принципы теории радиоактивного распада. На базе физической лаборатории, которой он руководил, была создана крупная, монреальская, школа физиков.

Началом научной деятельности Резерфорда в Монреале была проверка опытов Беккереля по изучению свойств радиоактивного излучения. Резерфорд в своих воспоминаниях писал: „Беккерель утверждал, что *урановые лучи* (курсив наш.—Л. К.) отличаются от рентгеновских, так как они *отражаются, преломляются и поляризуются* (курсив наш.—Л. К.). При повторении этого эксперимента я получил совершенно противоположные результаты. Сравнения урановых лучей с рентгеновскими заняли у меня почти целый

¹ М. Н а м н а с, Ядерная энергия...-ИИЛ, 1955.

год. В результате я твердо установил, что уран излучает два вида лучей, названные мною альфа- и бета-лучами¹. Альфа-лучи обладают большой энергией, так как они производят наиболее сильно ионизирующее действие"². Резерфорд назвал α - и β -лучи соответственно „менее проникающими“ и „более проникающими“.

Исследование α - и β -компонент „урановых лучей“ производилось путем воздействия магнитного и электрического полей на радиоактивные излучения. Сущность этого метода изучения свойств заряженных частиц состоит в следующем. Лучи, несущие электрические заряды, в электрическом поле отклоняются от первоначального пути в направлении, зависящем от знака их зарядов. Они также искривляются под воздействием магнитных полей. Так, например, катодные лучи отклоняются полем плоского конденсатора к положительно заряженной обкладке, поскольку они несут отрицательные заряды. Они искривляются полем постоянных магнитов, причем направление искривления также зависит от знака зарядов. Другими словами, *зная направление отклонения луча, можно установить, какие заряды он несет—положительные или отрицательные.* Путем воздействия электрического и магнитного полей на поток частиц определяется также величина скорости частиц и их удельного заряда, т. е. заряда, приходящегося на единицу массы³. Этим и воспользовался Резерфорд при изучении свойств радиоактивных частиц.

Чтобы установить, какому из известных элементов соответствуют α -частицы (он заведомо полагал, что такой элемент существует), Резерфорд поставил своей целью определить массу этих частиц. Сильным магнитным полем, параллельным пластинам А (см. рис. 1), почти полностью устранялась ионизация. Пластины А поочередно соединялись с противоположными полюсами батареи; по отклонению частиц,

¹ γ -лучи рассматривались как излучение, *сопровождающее α - и β -распад ядер*, и не выделялись в качестве основной компоненты.

² Файнбойм, Эрнест Резерфорд, „Физика в школе“, 1938, № 2.

³ См., например, Г. Семат, Введение в атомную физику, 1948, стр. 53, опыт Дж. Дж. Томсона, 1897.

испускаемых радиоактивной солью R в электромагнитном поле, можно было найти скорость v α -частицы и отношение ее заряда к массе:

$$\frac{e_{\alpha}}{m_{\alpha}}$$

Сравнивая полученное числовое значение $\frac{e_{\alpha}}{m_{\alpha}}$ с аналогичным известным в то же время отношением для водородного иона, Резерфорд мог заключить, что

$$\frac{e_{\alpha}}{m_{\alpha}} = \frac{1}{2} \frac{e_n}{m_n},$$

где e_n и m_n — соответственно заряд и масса водородного иона.

Закрывая то одну, то другую половину зазоров между пластинами A , по различным скоростям прекращения ионизации в обоих случаях Резерфорд определил направление отклонения излучения. Это позволило установить, что заряд α -частицы — положительный. Оставалось найти массу частицы.

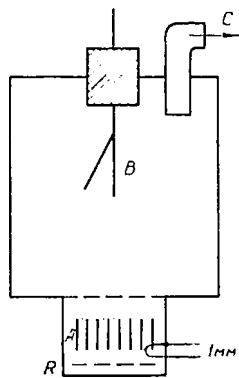
Установив (по величине отклонения), что $e_{\alpha} = 2e_n$, а также учитывая, что $\frac{e_{\alpha}}{m_{\alpha}} = \frac{1}{2} \frac{e_n}{m_n}$, Резерфорд нашел:

$$\frac{2e_n}{m_{\alpha}} = \frac{1}{2} \frac{e_n}{m_n}$$

или

$$m_{\alpha} = 4 m_n,$$

т. е. масса α -частицы равна учетверенной массе водородного атома или массе атома гелия. Однако, учитывая, что атом нейтрален, в то время как α -частица обладает положительным зарядом, численно равным $2 \cdot e_n$, Резерфорд пришел к выводу, что α -частицы являются дважды ионизированными атомами гелия, т. е. атомами, потерявшими по два электрона. Заметим здесь, что гелий был открыт в некоторых минералах Вильямом Рамзаем задолго до того, как стали известными радиоактивные явления. Рамзай также заметил, что минералы, содержащие в себе гелий, как правило, содержат уран и торий, однако он не



C — водород для удаления эманации и увеличения пробега α -частиц

Рис. 1.

смог прийти к выводу, что обнаруженный им гелий — продукт распада урана и тория.

Методами, аналогичными описанному выше, изучались и β -частицы. Однако исследования Резерфордом β -излучения совершались в более поздние годы, в период пребывания ученого в Манчестере.

В 1903 году Резерфорд и Содди выдвигают теорию радиоактивного распада. В ее основе лежит идея о том, что радиоактивные атомы неустойчивы и стремятся перейти в устойчивое состояние путем ряда отдельных, последовательных распадов, что радиоактивность есть самопроизвольный переход одних элементов в другие. К открытию закона радиоактивного распада Резерфорда и Содди привели опыты Вильяма Крукса, проведенные им в 1900 году. Осаждая раствор углекислого урана, Крукс обнаружил странное явление. Раствор не оказывал никакого действия на фотопластинку, как если бы в нем не было радиоактивного вещества, а осадок, даже лишенный урана, обнаруживал значительную радиоактивность.

Тремя годами позже Резерфорд и Содди, исследуя соли урана, пришли к аналогичному результату; загадочное вещество, сообщаящее радиоактивность осадкам углекислых солей урана и тория, было признано

продуктом самопроизвольного радиоактивного распада и названо соответственно ураном X и торием X .

Изучая свойства тория X , Резерфорд и Содди проводили следующий контрольный эксперимент. Чтобы убедиться в том, что они действительно имели дело с продуктом распада тория, исследователи удаляли элемент X и по истечении некоторого времени обнаруживали, что раствор постепенно восстанавливает свою

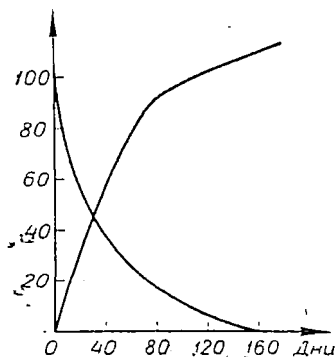


Рис. 2.

первоначальную радиоактивность, в то время как радиоактивность углекислого осадка падает со временем. Экспериментальные кривые роста активности раствора и уменьшения активности осадка (рис. 2) и при-

вели Резерфорда и Содди к закону радиоактивного распада, лежащего в основе их теории. По этому закону число радиоактивных атомов N , имеющих в момент времени t , будет:

$$N = N_0 e^{\lambda t},$$

где N_0 — первоначальное число атомов, e — основание натуральных логарифмов, а

$$\lambda = \text{const}$$

для данного элемента и называется постоянной радиоактивного распада.

Теория Резерфорда и Содди произвела целую революцию в физике. Она требовала отрешения от старых, привычных представлений о неизменности атомов, поэтому на первых порах даже некоторые крупные ученые не разделяли ее. Так, например, Вильям Томсон (лорд Кельвин) до конца своей жизни, т. е. до 1907 года, не мог согласиться с тем, что радиоактивность есть распад атомов. Как и многие его современники, он считал, что атомы неразрушимы, неизменны.

Исследования Кюри, Резерфорда, Содди и др. со всей очевидностью подтвердили факт превращения одних элементов в другие. В своей работе „Современная алхимия“¹ Резерфорд писал: „Идее неизменности атомов был нанесен сильный удар, когда в 1902 году было обнаружено, что атомы двух хорошо известных элементов урана и тория претерпевают подлинный процесс спонтанного превращения, хотя и идущий весьма медленным темпом“. С открытием и изучением радиоактивности *подтвердилось одно из основных положений диалектического материализма, согласно которому материи свойственны вечные изменения и превращения.*

Монреальские исследования радиоактивности привели Резерфорда к величайшему предсказанию существования огромных запасов *атомной энергии* за тридцать лет до ее практического получения. Однако справедливость требует отметить, что еще в 1884 году

¹ Резерфорд, Современная алхимия, УФН, т. 19, вып. 1, 1938.

известный русский химик Бутлеров по существу дал идею о существовании атомной энергии. Он писал: „Мы наблюдаем в большинстве случаев, что приведение вещества в состояние менее сложное, более тонкое, сопровождается накоплением в нем энергии, т. е. в этом именно состоянии вещество является более деятельным... Отчего же, спрашивается, сочтем мы себя вправе отвергать подобные явления там, где массы вещества по своей незначительности ускользают от нашего наблюдения и непосредственного измерения“¹.

В процессе изучения радиоактивности Резерфордом и его сотрудниками был обнаружен факт сильного нагревания препаратов радиоактивных веществ. Это и навело на мысль, что *при превращении атомов выделяется большое количество энергии*. Содди говорил: „Первичный источник энергии нужно искать в атомах—главном источнике деятельности вселенной... Главный интерес нового явления заключается в произвольном и постоянном излучении энергии... Внутри атома—большие запасы энергии, теряя которые атомы превращаются“. И далее: „Жизнь атомов при этом, по-видимому, не протекает спокойно, изменения, в них совершающиеся, не идут медленным шагом эволюции, наоборот, без всяких видимых внешних признаков, без всяких предупреждающих симптомов внезапно наступает катастрофа: атом вдруг разлетается на более или менее мелкие осколки и как таковой перестает существовать. Взрыв его сопровождается таким колоссальным выделением энергии, какого мы не наблюдаем ни при каких иных физических или химических явлениях, о которых мы едва можем составить себе представление“². Вспоминая максвелловскую характеристику атомов, Содди подчеркнул, что радиоактивный распад затрагивает самые „краеугольные камни“.

На рубеже XIX—XX веков в физике появилось реакционное течение, возглавляемое Оствальдом. Рассматривая явление радиоактивности, сторонники Оствальда утверждали, что в процессе распада вещества

¹ Бутлеров, Антиматериализм в науке, 1884.

² Содди, Радиоактивные явления, 1908.

масса превращается в энергию. Следовательно, исчезает некоторое количество массы, появляется соответствующее ему количество энергии. И поскольку ни масса, ни энергия при распаде не сохраняются, то закон сохранения вещества и закон сохранения энергии не имеют места. Так как, с другой стороны, эти законы к концу XIX века успели укрепиться в физике и по существу составили ее основу, то де, рушится фундамент физики XIX века! А если придерживаться ньютоновской формулы

$$\text{масса} \equiv \text{материя},$$

то исчезновение массы приводит к исчезновению материи.

Так явление радиоактивного распада было использовано для нападков на материализм. Энергия радиоактивного излучения рассматривалась „чисто энергетически“, материя подменялась энергией. Несостоятельность таких представлений вскрыта в книге Ленина „Материализм и эмпириокритицизм“. В. И. Ленин, в частности, показал, что попытки представить энергию в так называемом чистом виде неизбежно ведут к отрыву движения от материи, к движению без материи, к абсурду: „движется ничто“.

Очевидно, после сказанного, что при изучении радиоактивности важно было установить, что представляет собой энергия радиоактивного излучения, каков ее „материальный носитель“¹. Исследованиями Резерфорда, Содди и др. было показано, что энергия радиоактивного распада есть в основном кинетическая энергия α - и β - частиц. Последние и являются ее материальными носителями. Характеризуя атомную энергию количественно, Эрнест Резерфорд говорил: „Энергия, освобождающаяся при превращении одного атома, главным образом в *форме кинетической энергии α - и β - частиц* (курсив наш.—Л. К.), огромна по сравнению с энергией, выделяемой на один атом наиболее сильно действующих веществ“².

¹ Выражение В. И. Ленина.

² Резерфорд, Атомные ядра и их превращения, УФН, т. 8, вып. 1, 1928.

О результатах своих исследований Резерфорд неоднократно сообщал в Англию (Лондон), куда он приглашался для докладов. Его работы произвели большое впечатление на ученых различных стран мира и были должным образом отмечены. За время своей деятельности в Канаде он был удостоен звания члена Канадского союза ученых, а также Американского физического общества. В 1903 году в возрасте 32 лет Резерфорд избирается членом Лондонского королевского общества (Английская Академия наук), а через два года получает крупную награду того времени—медаль Румфорда. Нетрудно понять, что в Монреале он нашел полное удовлетворение своих научных интересов.

Несколько улучшилось и материальное положение Резерфорда. Своей матери он писал об этом: „На лаборатории тратятся громадные средства. По сравнению с доходом от лабораторий жалование мало, и это естественно—деньги авансируются миллионером Макдональдом, который превращает свой доход в табак... Он считает, что профессор должен жить на 500 фунтов. Однако 500 фунтов не так плохо, и если учесть, что физическая лаборатория является лучшей в мире среди лабораторий подобного типа, то я не могу жаловаться“¹.

Эрнест Резерфорд, наконец, устроил и свою семейную жизнь. Уже будучи в Монреале, он женился на Мери Ньютон. И все же, несмотря на это, казалось бы, полное личное благополучие, его не прельщала перспектива остаться на всю жизнь в Канаде. Он все чаще думал о возвращении в Англию.

¹ Rutherford by those who knew him, Being the collection of the first five Rutherford lectures of the Physical Society, London, The physical Society, 1954. .

В дальнейшем мы будем называть эту книгу сокращенно „The collection...“

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

В АНГЛИИ

(1907—1919)

Манчестерский период деятельности. В 1906 году Эрнест Резерфорд получает приглашение Шустера, который предложил ему занять освободившуюся кафедру физики в Манчестерском университете.

В XIX веке этой кафедрой руководили известные корифеи науки Дальтон и Джоуль. Почти одновременно с предложением Шустера Резерфорду присуждают Нобелевскую премию по химии, причем, как пишут его биографы, сам Резерфорд удивился своему превращению из физиков в химики. Несколько позже он избирается почетным членом многих иностранных академий.

В 1907 году Резерфорд покидает Канаду и возвращается снова в Англию. С женой и 6-летней дочерью Еленой он приезжает в Манчестер, типичный капиталистический город с многочисленными компаниями. Покровительство Шустера, который обладал значительными капиталами и хорошо оборудованными лабораториями, способствовало быстрому устройству Резерфорда на новом месте. Но лаборатории были приспособлены главным образом к исследованиям по жидкому воздуху, и Резерфорду нужно было проделать большую подготовительную работу, прежде чем продолжить изучение радиоактивности. Робинзон, который работал в манчестерской лаборатории Резерфорда, пишет в своих воспоминаниях: „Хотя Резерфорд и не гнался за роскошным оборудованием, он был очень требовательным к аппаратуре; и тем не менее он оборудовал установку по изучению эманации менее чем за три недели после

того, как оставил Монреаль"¹. Нужно заметить, что Резерфорд постоянно отличался большим трудолюбием, мог, не отдыхая, напряженно работать по 12—14 часов и всегда с присущей ему энергией. Вспоминая первые дни пребывания Резерфорда в Манчестере, Марсден отмечает прежде всего эту черту,—казалось бы, неисчерпаемый энтузиазм в работе: „Сколько в нем было энергии и энтузиазма!— пишет он,—...Резерфорд был тигром в работе“². Сотрудники физической лаборатории тепло встретили своего нового руководителя. Он произвел на них впечатление человека добродушного, и вскоре в неофициальных беседах, во время отдыха (чаще всего это было в музыкальном зале университета) за ним укрепляется кличка „отец“.

Первые исследования Резерфорда в Манчестере были прямым продолжением его канадских опытов. Хотя Резерфорд и установил, какова природа α -частиц, он решил провести контрольный опыт, чтобы убедиться в достоверности сделанного им вывода. Установка, которая использовалась для этой цели, схематически представлены на чертеже 3.

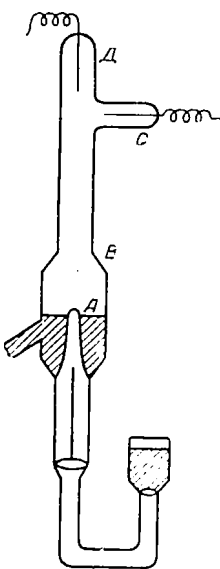


Рис. 3.

α -частицы от радиоактивного источника проходили сквозь стеклянную трубку А толщиной в 0,01 мм, в то время как эманация оставалась изолированной. Посредством поднятия и опускания ртути в сосуде В, в пространстве, окружающем трубку А, создавался вакуум. Газ, образованный в результате двухдневного излучения α -частиц, сжимался поднятием ртути в разрядную трубку ДС, где во время разряда можно было наблюдать желтые линии гелия.

Чтобы проверить, не проникает ли гелий из трубки А вместе с эманацией, был проведен контрольный

¹ The Collection..."

² Там же.

опыт, в котором та же трубка наполнялась гелием. В этом случае спектральные линии не были обнаружены. Через стекло А гелий не диффундировал. Так было еще раз показано, что α -частицы представляют собой ионизированные атомы гелия.

Продолжением первых исследований свойств радиоактивных частиц нужно считать и опыты по определению заряда и отношения заряда к массе (удельного заряда) электронов.

Задача определения основных величин, характеризующих электрон, какими являются заряд и масса, или удельный заряд, в науке не была новой. Как мы видели, еще в 1897—1898 годах, когда многие ученые занимались исследованием свойств катодных частиц, эти величины были найдены: Дж. Джон Томсон определил удельный заряд, а также скорость катодных частиц. Пользуясь описанным ранее методом отклонения частиц в электрическом и магнитном полях, Резерфорд рассматривал не катодные частицы, а β -излучение. Он показал, что β -частицы имеют те же значения заряда e и удельного заряда $\frac{e}{m}$, что и электроны. Другими словами, β -излучение представляет собой поток электронов.

Значительное место в работе манчестерской физической лаборатории Резерфорда занимал вопрос и о методах изучения радиоактивных частиц. В то время для наблюдения радиоактивного излучения применялись камеры Вильсона, впервые построенные в 1895 году в связи с исследованиями процессов образования облаков.

Для наблюдения следов заряженных частиц в этих камерах используется следующая простая идея. Движущаяся α - или β - частица, сталкиваясь с атомами того газа, которым наполнена камера, производит ионизацию (отрывает от атомов электроны). Вследствие этого вдоль пути частицы образуется лавина ионов. На ионах же, как на центрах конденсации, осаждаются капельки вводимого в камеру пара¹, так что путь частицы становится видимым. При этом газ

¹ Именно это явление обнаружил Вильсон, исследуя образование облаков.

должен быть свободным от пыли во избежание побочных центров конденсации.

Являясь эффективным средством для наблюдения следов частиц, камеры Вильсона не давали возможности фиксировать появление каждой отдельной частицы. Неэффективным оказывалось и наблюдение частиц по свечению цинковой обманки в специальном приборе—спинтарископе, который был предложен Круксом.

В 1908 году Гайгер и Резерфорд нашли новый метод изучения радиоактивности, сконструировав первый счетчик частиц (см. черт. 4). Между проволокой *A* и цилиндром *B* (камерой счетчика) создавалась некоторая разность потенциалов. Из препарата *D* через слюдяной листок *C* в цилиндр проникали α -частицы, которые производили ионизацию газа в цилиндре. В результате образовывались электроны и положительно заряженные ионы. На проволоке *A* создавался положительный, а на цилиндре *B*—отрицательный потенциалы, поэтому электроны и положительно заряженные ионы ускорялись электрическим полем соответственно к проволоке и к цилиндру:

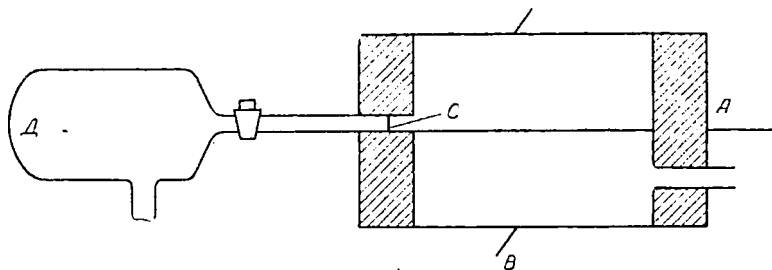


Рис. 4.

в цилиндре возникал ионизационный ток. При попадании в цилиндр частицы, излученной радиоактивным препаратом *D*, стрелка измерительного прибора, включенного в электрическую цепь счетчика, испытывала толчок. Таким образом, можно было производить счет частиц с целью определения скорости радиоактивного распада. Как известно, такого типа счетчики, позднее усовершенствованные, широко вошли в практику современного экспериментирования.

Наибольшей заслугой Резерфорда в рассматриваемый период его деятельности является создание планетарной, нуклеарной (ядерной) модели атома. Этому открытию предшествовали многочисленные опыты по рассеянию α -частиц, которые проводились в связи с исследованием взаимодействия радиоактивных излучений с веществом. В них принимала участие большая группа ученых, в частности Гайгер, Марсден и Чадвик.

Планетарная модель атома. Изучение рассеяния α -частиц началось с опытов Марсдена. Эти опыты имеют свою весьма любопытную историю.

Марсден, один из наиболее робких ассистентов Резерфорда, решил поставить эксперимент, который дал бы возможность изучить рассеяние α -частиц на большие углы. Он знал, что Резерфорд не верит в существование больших углов рассеяния и в течение долгого времени не решался сказать ему об этой идее. Но как осуществить свое желание без ведома и согласия руководителя лаборатории?

Марсден поделился своими мыслями с ближайшим помощником Резерфорда Гайгером, человеком сравнительно мягкого характера, надеясь на его помощь. И он не ошибся. Гайгер легко убедил Резерфорда пойти навстречу молодому ученому, проявляющему собственную инициативу, если даже результаты исследования кажутся сомнительными. „Я согласился с Гайгером, — писал Резерфорд, — что молодой Марсден, который натренировался в радиоактивных методах, должен начать исследование. Почему не позволить ему изучать рассеяние α -частиц на большие углы? Я не верил, что что-нибудь получится. Это было так же невероятно, как если бы вы стреляли в кусочек бумажной ткани 15-дюймовым снарядом и он отразился бы и попал в вас“¹.

Как мы увидим дальше, именно исследования Марсдена привели в конце концов к построению Резерфордом планетарной ядерной модели атома.

Почему была сомнительной возможность отклонения рассеянных веществом α -частиц на большие углы? Дело в том, что ученые были убеждены, что

¹ „The collection...“

атом представляет собой сложное образование, шарик с распределенным по всему объему положительным зарядом. Если на пластинку вещества, состоящего из такого рода атомов, упадет поток α -частиц, имеющих положительный же заряд, то в высшей степени маловероятно, что при столкновении одноименно заряженных α -частицы и атома может произойти рассеяние на большие углы. Результаты опытов Марсдена оказались поразительными: обнаружилось рассеяние частиц на большие углы вплоть до 180° . Это означало, что некоторые α -частицы отскакивали в направлении, противоположном направлению их движения.

Результаты, полученные Марсденом, противоречили общепринятой в то время модели атома, предложенной в 1902 году Вильямом Томсоном и разработанной более детально в 1909 году Дж. Дж. Томсоном.

При построении атомной модели Дж. Дж. Томсон исходил из уже упомянутой ранее идеи о том, что корпускулы (электроны) являются составными частями атомов. Он писал: „Мы видели, что корпускулы всегда имеют одну и ту же природу, независимо от вещества, из которого они образовались. Это в связи с фактом, что их масса много меньше, чем масса любого известного атома, позволяет предположить, что они являются составными частями всех атомов, ...образуют существенную составную часть структуры атомов различных элементов... Важно изучить, как могут располагаться корпускулы, чтобы они находились в равновесии“¹.

Таким образом, общий вопрос о строении вещества приводит Томсона к конкретной задаче о расположении электронов в атомах различных элементов. Как же решается эта задача? Прежде всего, автор модели полагает, что атом представляет собой сферу, внутри которой распределены электрические заряды. Конкретизируя вопрос о расположении частиц внутри атома, Томсон основывается на кулоновском взаимодействии зарядов, подчиняя его двум условиям: 1) частицы находятся в электростатическом равнове-

¹ „The collection...“

сии, так что модель имеет статический характер; 2) атом в целом должен быть нейтральным.

Эти условия могут быть выполнены только в том случае, если в атомах, помимо отрицательных электронов, имеется положительное электричество. Томсон говорит: „Так как атомы элементов в их нормальном состоянии электрически нейтральны, то отрицательное электричество, которое содержится в корпускулах, должно нейтрализоваться эквивалентным количеством положительного электричества; атомы должны, кроме отрицательно заряженных корпускул, содержать положительное электричество“¹.

Положительный заряд предполагается равномерно распределенным по сферическому объему атома. Распределение же электронов внутри сферы устанавливается условием равновесия кулоновских сил притяжения к центру и отталкивания между электронами. Томсоном также был подсчитан радиус сферы— атома. Он оказался порядка 10^{-8} см.

Эта модель позволила объяснить происхождение спектров при помощи упругих колебаний электронов внутри заряженной сферы. Согласно томсоновской модели именно колеблющиеся „корпускулы“ являются излучателями энергии.

Если r —взаимное расстояние между двумя электронами в их равновесных состояниях, то кулоновская сила их отталкивания выражается формулой:

$$f = \frac{e^2}{r^2},$$

где e —заряд каждой из частиц. При весьма малом смещении δ одного из электронов эта сила испытывает изменение:

$$\Delta f = \frac{e^2}{r^3} \delta,$$

которое может рассматриваться как некоторая добавочная сила, появляющаяся в результате смещения. С другой стороны, движение электрона рассматривается как упругое колебание около положения равновесия. Поэтому Δf может быть истолкована как сила упругости, которая стремится вернуть частицу

¹ Thomson, Die Korpuskulartheorie der Materie, 1908.

в это положение. При этом исключаются из рассмотрения такие случаи, в которых добавочные силы, возникающие при смещении „корпускул“, вызывались бы большим количеством электронов, а также и такие, при которых добавочные силы, вызываемые отрицательными частицами, компенсировались или превышались силами, обусловленными положительными зарядами.

В соответствии с законами механики пропорциональная смещению упругая сила Δf может быть выражена через коэффициент упругости k по формуле:

$$\Delta f = kr = ma,$$

где

$$k = \omega^2 m$$

ω —угловая частота колебаний электрона, m —его масса, а a —ускорение частицы. Из приведенных выражений находим:

$$k = \frac{e^2}{r^3} = \omega^2 m \quad \text{или} \quad \omega^2 = \frac{e^2}{mr^3}.$$

Колебанию электрона с частотой ω внутри сферы—атома соответствует длина волны λ в спектре излучения. Эта длина волны выражается по формуле:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = cT \quad \text{или} \quad \lambda = c \frac{2\pi}{\omega}.$$

А так как по предыдущему,

$$\omega = \sqrt{\frac{e^2}{mr^3}},$$

то

$$\lambda = 2\pi c \sqrt{\frac{mr^3}{e^2}}.$$

Если, наконец, учесть, что согласно электронной теории масса электрона при небольших скоростях движения определяется из выражения:

$$m = \frac{2e^2}{3Rc^2},$$

в котором R —радиус частицы, то

$$\lambda = \sqrt{\frac{8\pi^2 r^3}{3R}}.$$

Следовательно, различным r соответствуют разные λ .

Пользуясь полученным выражением, если известно λ , можно найти расстояние r между электронами в атоме. Оказывается, что в томсоновской модели „корпускулы“ располагаются друг от друга на расстояниях, намного превышающих их собственные размеры. Больше того, электромагнитные поля частиц не накладываются друг на друга, так что электрон имеет ту же электромагнитную массу, что и в свободном состоянии.

Исходя из этих представлений, крупнейший физик начала нашего века Г. А. Лоренц объяснил также явление расщепления спектральных линий магнитными полями (эффект Зеемана). При всем этом рассматриваемая модель атома не истолковывала даже простейшие закономерности в спектрах.

Исследования, проведенные в лаборатории Резерфорда в 1910 году, показали несостоятельность томсоновской модели. В соответствии с представлениями Дж. Дж. Томсона α -частица, проходящая через атом, не должна значительно отклониться, так как поле внутри заряженной сферы сравнительно мало. Таким образом, полученные Марсденом большие углы рассеяния исключались.

В том же году наряду с Марсденом изучением рассеяния занялись Гайгер и Чадвик. Их результаты подтвердили и дополнили данные Марсдена. Так, Гайгер установил, что рассеяние тем больше, чем больше атомный вес материала рассеивающего вещества; углы рассеяния большинства частиц равны примерно $1,5^\circ$; однако наблюдаются отклонения от первоначального направления до 150° . Примерно к такому же выводу пришел и Чадвик. Общая картина рассеяния представлена на чертеже 5. Сомнений не оставалось: опытные данные противоречили модели Томсона.

Указанные выше результаты опытов по рассеянию α -частиц заставили Резерфорда изменить существующие воззрения на атом. Теоретический расчет приводит его к выводу: чтобы объяснить опытные данные, нужно допустить, что атом представляет собой подобие солнечной системы (см. рис. 5). В его центре (ядре радиуса 10^{-12} — 10^{-13} см) находится положительный заряд, в то время как электроны удерживаются

живаются в атоме благодаря тому, что их притяжение ядром уравнивается центробежной силой вращения вокруг ядра. На основании этих представлений Резерфорд строит теорию рассеяния α -частиц.

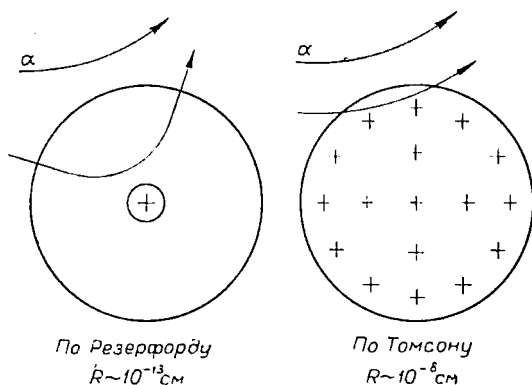


Рис. 5.

Пусть точка O (см. рис. 6) совпадает с неподвижным ядром атома, имеющим заряд Ze . На расстоянии r от ядра находится α -частица. Ее движение согласно

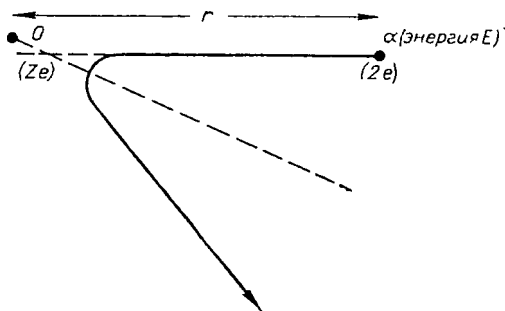


Рис. 6.

Резерфорду будет происходить под действием отталкивательной кулоновской силы:

$$f = \frac{2Ze^2}{r^2}.$$

Тем самым допускается, что рассеяние α -частиц обуславливается их отталкиванием положительно заряженными ядрами.

Пользуясь законом сохранения энергии E и законом сохранения момента количества движения, можно показать, что траекторией α -частицы будет гипербола с внешним фокусом O , а число частиц, рассеянных под углом θ в единицу времени, будет:

$$N = a \frac{t}{E^2 \sin^4 \frac{\theta}{2}},$$

где t —толщина слоя рассеивающего вещества, а a —постоянная для данного опыта величина. Это по существу и есть известная формула Резерфорда, часто называемая формулой рассеяния α -частиц.

Так как закон сохранения энергии и закон сохранения момента количества движения сомнению не подлежат, то формула Резерфорда верна, если верны исходные предположения относительно механизма рассеяния α -частиц. Другими словами: если рассеяние частиц действительно обуславливается их кулоновским взаимодействием с ядрами, то опыт должен подтвердить формулу рассеяния.

Экспериментальная проверка полученной формулы была поручена Гайгеру и Марсдену. Вспоминая об этом, Гайгер писал: „Однажды (1911) Резерфорд, видимо, в хорошем расположении духа, зашел в мою комнату и сказал мне, что он теперь знает, каков атом, и как объяснить большие отклонения α -частиц. В тот же самый день я начал эксперимент по проверке установленного Резерфордом соотношения между числом рассеянных частиц и углом рассеяния“¹.

Установка, на которой работали Гайгер и Марсден, схематически представлена на рисунке 7. α -частицы от источника R проходили через диафрагму D и рассеивались тонкой фольгой F . Те частицы, которые рассеивались под углом θ , попадали на экран S ,

¹ Being the Life and Letters of the Rt. Hon Lord Rutherford, O. M., By A. S. Eve, C. B. E., D. Sc. U. D. F. R. S., formerly Macdonald Professor of Physics Mc. Gill University, 1939.

покрытый слоем сернистого цинка. Вызванные ими вспышки наблюдались в микроскоп M . В процессе опыта можно было изменять величину угла θ , сохраняя постоянным произведение

$$a \frac{t}{E^2}$$

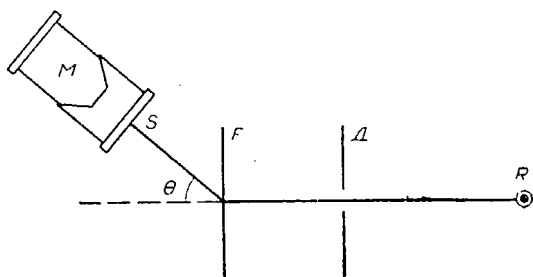


Рис. 7.

путем вращения экрана и микроскопа вокруг оси, проходящей через центр фольги. При этом согласно формуле рассеяния величина

$$N \cdot \sin^4 \frac{\theta}{2}$$

должна была оставаться постоянной. Это и нужно было подтвердить.

Практически угол рассеяния менялся от 5° до 150° , а N измерялось на опыте. В качестве рассеивающих веществ (материала фольги) брались золото и серебро. Проверка зависимости числа рассеянных частиц от угла рассеяния показала, что формула Резерфорда *приблизительно* выполняется.

На втором этапе опыта при

$$E^2 \sin^4 \frac{\theta}{2} = \text{const}$$

изменялась толщина фольги. Оказалось, что число частиц, рассеянных под определенным углом, на самом деле, пропорционально толщине фольги (см. рис. 8).

Наконец, в следующей серии наблюдений более сложным путем определялась скорость α -частиц

при неизменных Θ и t . Так как согласно формуле Резерфорда N обратно пропорционально E^2 , то при рассеянии под определенным углом произведение $E^2 N$ должно быть постоянным. Другими словами:

$$\left(\frac{mv^2}{2}\right)^2 \cdot N = \text{const},$$

или, наконец,

$$V^4 \cdot N = \text{const}.$$

Это произведение в пределах ошибок измерения действительно оказалось постоянным. Следовательно, Гайгер и Марсден получили еще одно подтверждение формулы Резерфорда.

Формула рассеяния оказывалась в основном правильной. В результате проверки всей теории Резерфорда, а также в процессе ее последующего практического применения выяснилось два обстоятельства.

Планетарная модель атома обладает несомненными преимуществами перед моделью Томсона. В отличие от теории Томсона теория Резерфорда предполагает, что атом не статическая, а динамическая система, и это лучше соответствует действительности. В то время как модель Томсона противоречит опытам по рассеянию α -частиц, теория Резерфорда с большей или меньшей точностью объясняет их.

Как теория рассеяния, так и модель атома, предложенные Резерфордом, имеют свои недостатки. Позже выяснилось, что ядро нельзя рассматривать как неподвижный точечный центр, как это делал Резерфорд. Оно само представляет собой динамическую сложную систему. В состав ядра входит большее

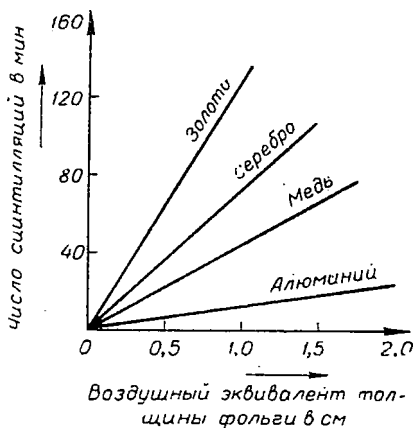


Рис. 8.

или меньшее число частиц (в зависимости от атомного веса элемента), которые, как и электроны, находятся в непрерывном движении. Этими частицами являются протоны и нейтроны.

Рассматривая взаимодействие α -частиц с ядрами атомов, Резерфорд вовсе не принимал во внимание вращающиеся вокруг ядра электроны. Между тем как заряженные частицы они образуют при своем движении электромагнитное поле, которое необходимо строго учитывать.

Наконец, Резерфорд полагал, что между ядром и α -частицей действуют кулоновские силы. Но ведь закон Кулона пригоден для взаимодействия точечных зарядов, т. е. таких, линейные размеры которых много меньше расстояний до рассматриваемых точек поля; он может нарушаться или оказаться недостаточным в тех случаях, когда размеры взаимодействующих микрообъектов соизмеримы с расстояниями между ними. Не случайно наблюдались отклонения от формулы рассеяния на малых расстояниях от ядра. В более поздние годы сам Резерфорд обнаружил, что у поверхности ядра действуют, помимо кулоновских, особые, ядерные силы. Они не зависят ни от величины, ни от знака зарядов взаимодействующих частиц. В этом смысле их называют аномальными.

Главное противоречие, с которым столкнулся сам Резерфорд, заключалось в том, что согласно классической теории Максвелла электрон, вращаясь вокруг ядра, должен излучать периодически меняющееся электромагнитное поле и в конце концов упасть на ядро. Избавиться от этого противоречия автору планетарной модели так и не удалось. Вот почему в течение почти двух лет после опубликования Резерфордом результатов исследований структуры атома его модель не признавалась ученым миром.

Резерфорд
и Бор.

В 1912 году в Манчестер из Дании приехал тогда еще молодой ученый Нильс Бор. Он намеревался несколько месяцев работать в физических лабораториях университета.

В то время как Резерфорд уже приобрел славу крупного ученого, Бор только начинал свою научную

деятельность. Он не был еще известен ни как ученый, ни как философ.

В одной из многочисленных бесед на научные темы Резерфорд поделился с Бором затруднениями, заключающимися в противоречии его атомной модели и максвелловской теории. Тут же во время беседы Бор высказал предположение о возможном применении к планетарной модели атома новых квантовых идей Планка и Эйнштейна.

Вернувшись в Данию, Бор на основании своих первоначальных

предположений начал исследования по квантовой теории атома. В 1913 году он писал Резерфорду: „Я надеюсь, вы найдете, что я стою не на бессмысленной точке зрения, представляющей собой деликатный вопрос одновременного использования старой механики и новых предположений, выдвинутых теорией излучения Планка. Меня очень волнует вопрос, что вы можете думать обо всем этом?“¹. В ответ на этот вопрос Резерфорд писал Бору: „Ваши идеи по поводу образа (mode) источника спектра—очень изобретательны и кажутся хорошими; но смешение идей Планка со старыми механическими придает физическим идеям, *которые являются всеобщей основой* (курсив наш.—Л. К.), очень трудную форму“².

Гипотезу об электронных переходах Резерфорд вначале воспринял с некоторым недоверием. По предположению Бора электрон может переходить



Нильс Бор.

¹ „Being the Life and Letters...“

² Там же.



Макс Планк.

с одной орбиты на другую с излучением или поглощением порции (кванта энергии). Как мы увидим дальше, эти орбиты не могут быть любыми. Они строго определены. На каждой орбите электрон принимает свое, характерное для этой орбиты, значение энергии и *этим определяется частота* излученного или поглощенного кванта.

Резерфорд считал, что электрону *навязываются*, по желанию автора теории, значения физических величин. В своем

письме к Бору Резерфорд говорил: „В вашей гипотезе я вижу значительную трудность, которую, не сомневаясь, вы разрешите, именно: как определяется частота электрона, если это—колебание при его переходе от одного стационарного состояния к другому.“ И далее, со свойственным Резерфорду легким сарказмом: „Мне кажется, *вы должны предположить, что электрон знает заранее, где он остановится* (курсив наш.—Л. К.)!!!“¹

В 1913 году Бор завершил теорию атома, сформулировав так называемые квантовые условия, которыми он дополнил атомную модель Резерфорда.

Считая, что атом представляет собой квантовую систему, Бор предположил, что в атоме допустимы не все механические движения электрона, а лишь те, которые удовлетворяют, помимо законов механики, дополнительным квантовым условиям:

¹ „Being the Life and Letters...“

1. Разрешенными орбитами являются те, для которых момент количества движения электрона кратен целому числу $\frac{h}{2\pi}$,

т. е.

$$mvr = n \frac{h}{2\pi}, \quad (1)$$

где m , v и r — соответственно масса, скорость движения электрона и радиус орбиты.

2. При переходе электрона с одной орбиты на другую энергия атома изменяется на величину $h\nu$, равную разности энергий электрона на этих орбитах, так что

$$\omega_i - \omega_k = h\nu \quad (2)$$

$h\nu$ — излученный атомом или поглощенный им квант энергии.

Каждый атом может иметь только ряд совершенно определенных состояний движения, соответствующих ряду дискретных значений энергии. Каждому определенному стационарному состоянию атома соответствует вполне определенный уровень энергии; и так как все промежуточные уровни являются запрещенными, то энергия атома может изменяться только скачками. Таким образом, стационарные состояния движения не сопровождаются излучением; последнее происходит лишь при переходе атома из одного стационарного состояния в другое.

Для доказательства правильности своей теории Бор на модели атома водорода обстоятельно объяснил закономерности водородного спектра; проблема атомной модели казалась решенной.

Если Q — заряд ядра, то кулоновское его взаимодействие с электроном заряда e , вращающимся по орбите радиуса r , будет:

$$F = - \frac{Qe}{r^2}.$$

Полагая $Q = Ze$, где Z — число элементарных положительных зарядов в ядре, каждый из которых численно равен e , получаем:

$$F = - \frac{Ze^2}{r^2}.$$

Для случая водородного атома

$$F = -\frac{e^2}{r^2} = ma \quad \left(a = -\frac{v^2}{r}\right),$$

так как ядро водорода обладает зарядом $Q = e$ ($z = 1$). С другой стороны, кинетическая энергия E электрона будет:

$$E = \frac{mv^2}{2}, \quad (3)$$

где m и v — соответственно масса и скорость движения электрона по орбите. Потенциал поля ядра в точке на расстоянии r от него представляется как потенциал поля точечного заряда, т. е. в форме:

$$\varphi = \frac{e}{r}.$$

Потенциальная энергия электрона будет:

$$U = -e\varphi,$$

а если учесть, что $\varphi = \frac{e}{r}$,

то
$$U = -\frac{e^2}{r}. \quad (4)$$

Тогда его полная энергия определится выражением:

$$W = E + U,$$

или

$$W = \frac{mv^2}{2} + U,$$

или, наконец, выражением:

$$W = \frac{e^2}{2r} + U.$$

Принимая во внимание (4), будем иметь:

$$W = -\frac{e^2}{2r}. \quad (5)$$

Вслед за Резерфордом Бор считал, что ядро неподвижно. Это значит, что при подсчете общей энергии атома по боровской теории кинетическую энергию ядра нужно полагать равной нулю. Если, кроме того, пренебречь энергией покоя и электрона и ядра, то

общая энергия атома сведется к (5). Как видно из (5), при $e = 0$ $W = 0$. Таким образом, за нулевой уровень энергии принимается энергия ионизированного атома, т. е. атома, потерявшего свой единственный электрон. Знак „—“ в выражении (5) указывает, что при приближении электрона к ядру энергия атома уменьшается. Учитывая, что

$$mv^2 = \frac{e^2}{r},$$

а, с другой стороны, из (1) первого постулата Бора

$$r = \frac{nh}{2\pi mv}$$

исключением v из обоих выражений можно найти радиусы разрешенных орбит, определяемых условием (1):

$$r = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m e^2}. \quad (6)$$

Наименьшей орбите соответствует значение квантового числа $n = 1$, так что радиус этой орбиты

$$r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m e^2}. \quad (7)$$

Тогда согласно (6) и (7) радиус любой орбиты

$$r = r_1 \cdot n. \quad (8)$$

Если учесть, что в стационарном состоянии атома, характеризуемого квантовым числом n , полная его энергия будет:

$$W = -\frac{e^2}{2r},$$

то на основании формулы (8)

$$W = -\frac{e^2}{2r_1 n}.$$

Если теперь принять во внимание выражения (7) и (6), то можно получить:

$$W = -\frac{2\pi^2 m e^4}{n^2 h^2}.$$

Очевидно, для i -й и k -й орбит энергии W_i и W_k определяется соотношениями:

$$W_i = -\frac{2\pi^2 me^4}{n_i^2 h^2}, \quad W_k = -\frac{2\pi^2 me^4}{n_k^2 h^2}. \quad (5')$$

При переходе электрона с орбиты i на орбиту k согласно (2) — второму постулату Бора излучается свет частоты:

$$\nu = \frac{W_i - W_k}{h};$$

на основании (5') окончательно получается:

$$\nu = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3} \left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad \text{или} \quad \nu = R \left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_i^2} \right),$$

где

$$R = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3}.$$

При $n_k = 2$ и $n_i = 3, 4, 5, \dots$ по этой формуле можно было определить частоты линий видимой части водородного спектра. Соответствующая этим значениям n_k и n_i группа линий называется серией Бальмера по имени ученого, открывшего ее в 1885 году. При других значениях n_k и n_i получались и другие серии спектра водорода. Таким образом, из рассчитанной Бором формулы выводились все известные водородные серии.

Необходимо отметить, что еще в 1881 году выдающийся шведский ученый профессор Лундского университета Ридберг на одной из секций Международного конгресса физиков в Париже сделал доклад о спектрах, в котором, как и в некоторых других сообщениях на этой секции, чувствовался дух новой эпохи в физике — дух зарождающихся квантовых идей. По образному выражению П. С. Кудрявцева¹ физики начинали осознавать, что спектральный язык является ключом к микромиру.

Первый успех Бальмера побудил к поискам закономерностей в спектрах различных элементов. В результате этих поисков для водорода, гелия и щелочных металлов были найдены сериальные формулы, наподобие бальмеровской, которым подчинялись все

¹ П. С. Кудрявцев, История физики, т. 1, 1956.

известные линии спектра. В спектрах же других элементов находились линии, не входящие ни в одну из формул.

В 1889 году Ридберг установил законы для основных серий ряда спектров. Эти законы выражаются формулами типа

$$\nu = A - \frac{R}{(n+l)^2},$$

где A и l — постоянные для данной серии величины, так что ν для различных линий получаются при разных n .

В формулах Ридберга R приблизительно одна и та же константа для всех серий, равная константе в серии Бальмера. Ее называли постоянной Ридберга. Двадцать четыре года спустя (1889—1913) Бор путем приведенного выше теоретического расчета пришел к той же постоянной.

Так был найден выход из затруднения, с которым встретился Резерфорд при построении атомной модели. Так была создана планетарная ядерная модель атома.

Новые квантовые воззрения Бора на переходы электрона с уровня на уровень явились значительным шагом вперед в познании атомных явлений. Вместе с тем применение старых классических законов к движению частицы по орбите составило существенный недостаток боровской теории. После открытия квантовой механики в 1925 году стало ясно, что движение электрона по оболочке подчиняется более общим законам по сравнению с теми, которыми пользовался Бор; что классические законы, дополненные квантовыми условиями, весьма приближенно описывают процессы в атомах, — по существу они пригодны лишь в случае водородного атома. Не случайно попытки многих исследователей объяснить при помощи теории Бора закономерности в спектре гелия успехом не увенчались.

В 1917 году Резерфорд публикует свои „Основы теории атомного ядра“ и этим по существу завершаются его исследования в области структуры атома.

Заканчивая рассмотрение манчестерского периода деятельности Резерфорда, необходимо заметить, что

этот период и по количеству и по существу научных результатов был самым значительным в жизни великого ученого.

Открытие превращаемости атомов. В 1919 году Дж. Дж. Томсон в возрасте 70 лет уходит в отставку и освобождает должность профессора кафедры физики Кэмбриджского университета и директора Кэвендишской лаборатории. На его место приглашается Эрнест Резерфорд. Здесь он работал до конца своей жизни и вписал много славных страниц в историю Кэмбриджского университета.

В работе Эрнеста Резерфорда в Кэмбридже можно отметить три основные линии: главная из них — исследование превращения легких элементов, приведшее к открытию возможности искусственного деления ядер атомов; затем, изучение силового поля ядра, завершившееся установлением факта существования аномальных ядерных сил: наконец, продолжались исследования радиоактивного распада, в результате которых было показано, что испускание из ядер атомов γ -лучей определенным образом связано с изменением энергии ядер.

Начало кэмбриджского периода жизни Резерфорда ознаменовалось открытием искусственного превращения элементов. Сама идея о превращении элементов была поставлена еще алхимиками. В 1886 году Бутлеров в „Основных понятиях химии“ писал: „...Алхимики, стремясь превращать одни металлы в другие, быть может, преследовали цели не столь химерические, как это часто думают. Винить их можно не в том, что они стремились достичь недостижимого, а скорее в том, что их целью было не знание, не истина, а лишь достижение материального богатства“. И дальше: „...так называемые ныне „атомы“ некоторых элементов в сущности, быть может, способны подвергнуться химическому делению, т. е. они не неделимы по своей природе, а неделимы только доступными нам ныне средствами и сохраняются лишь в тех химических процессах, которые известны теперь, но могут быть разделены в новых процессах, которые будут открыты впоследствии“.

Таким образом, Бутлеров предполагал, что в будущем, когда в распоряжении человечества окажутся

новые, более совершенные методы исследования, возможно искусственное превращение элементов. В том же году Крукс в речи в Химической секции Британской ассоциации ученых говорил: „В настоящее время мы начинаем чувствовать нетерпение и стремление к новому познанию химических элементов. Было время, когда старались увеличить число металлов, теперь мы хотим его сократить... Разлагать металлы, затем восстанавливать их, превращать один в другой и осуществить, когда-то абсурдную, идею о трансмутации—вот задачи, решение которых стоит перед химиками“.

Благодаря открытию искусственного деления легких атомов еще раз убедительно подтвердилась мысль о дискретном строении ядра атома, мысль, вокруг которой велась острая борьба в связи с обнаружением радиоактивности. Открытие искусственного деления легких ядер особенно убедительно показало, что человек может управлять законами природы, обратить эти законы в свою пользу. Оно открыло путь к искусственной радиоактивности, делению тяжелых ядер, и в конце концов к получению атомной энергии.

Работа Резерфорда по искусственному превращению легких атомов началась еще в Манчестере в 1917 году. В качестве снарядов для бомбардировки ядер использовались α -частицы. Внутри баллона *A*

(см. рис. 9) устанавливались источник α -частиц *P*, а также стеклянный экран, покрытый слоем сернистого цинка (ZnS). Радиоактивными частицами от источника *P* можно было вызвать свечение кристалликов ZnS. Так как радиоактивное вещество *P* испускало также

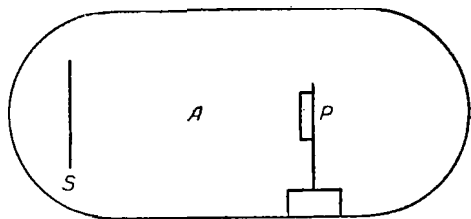


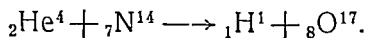
Рис. 9

β -частицы, которые могли бы вызвать свечение, то весь прибор помещался в сильное магнитное поле; оно отклоняло β -частицы, но в то же время позволяло α -частицам попасть на экран. α -частицы, как и молекулы воздуха, обладали определенной длиной сво-

бодного пробега. В тех случаях, когда расстояние между P и S не превышало эту длину, частицы, видимо, достигали экрана. Кроме того, на S попадала и часть α -частиц, испытавших столкновения с молекулами воздуха. Но все ли частицы из числа попадавших на экран могли вызвать свечение? Очевидно, нет. Сцинтилляцию вызывали только те α -частицы, энергия которых была достаточна для раскаливания кристаллов ZnS .

Резерфорд обнаружил, что при удалении P на расстояние 2 см от экрана наблюдаются вспышки, количество которых уменьшается по мере P и S . Удалив радиоактивный препарат P на расстояние 8 см от S , Резерфорд заметил, что вспышки прекратились. Отсюда, конечно, не следовало, что α -частицы не попадали на экран. Просто в этом случае энергия α -частиц в силу их столкновений с молекулами воздуха уже была недостаточной для раскаливания кристаллов сернистого цинка. Однако, как подметил Резерфорд, при наполнении баллона A азотом картина резко менялась. Даже при расстоянии 8 см P и S на экране наблюдались тонкие искры, которые могли бы образоваться под воздействием частиц сравнительно малой массы. Нужно было найти правильное объяснение этому новому, интересному явлению.

Сотрудничавший тогда с Резерфордом Марсден в поисках такого объяснения пришел к заключению, что в рассматриваемом опыте имеет место реакция взаимодействия α -частицы с ядром азота. Свечение экрана вызывают продукты этой реакции. Но какова их природа? На этот вопрос ответил Резерфорд. Он установил, что в результате реакции взаимодействия α -частицы с ядром азота образуются H -частицы (протоны) и ядра изотопа кислорода. Эту реакцию можно выразить следующим уравнением:



Это была первая в мире ядерная реакция, осуществленная по воле человека!

Таким образом, свечение экрана вызывалось бомбардировкой кристаллов ZnS протонами. Резерфорд сделал смелое предположение: ядра азота разделены искусственным путем! Но этот первый вывод Резер-

форда подвергся многочисленным возражениям и сомнениям. Казалось мало вероятным, что редкие и слабые искры, в миллион раз более слабые, чем вспышки от α -частиц, как раз и представляют осуществление давней мечты исследователей—произвести превращение элементов. Резерфорду не верили, несмотря на его большой авторитет в учебном мире.

Главным возражением против нового открытия было предположение о том, что протоны якобы образовались в результате столкновения α -частиц с ничтожным количеством водорода, который мог быть примешан к азоту. Чтобы устранить эти возражения, позднее, уже в Кэмбридже, Резерфорд вместе с Чадвиком провел контрольные опыты, подтвердившие мысль о делении ядер азота. Он показал, что Н-частицы, полученные из азота, имеют гораздо больший пробег по сравнению с частицами, полученными в результате бомбардировки теми же снарядами (с тем же пробегом) атомов водорода. Так, например, α -частицы, имеющие пробег в 7 см, выбивали из водорода Н-частицы, поглощавшиеся в слое воздуха толщиной в 29 см; но те же частицы выбивали из азота Н-частицы, поглощавшиеся слоем воздуха в 40 см.

Повторяя опыты, Резерфорд исследовал и другие элементы; он располагал экран на таком расстоянии, которое протоны водорода наверняка не могут пролететь; в этом случае сцинтилляцию можно было объяснить расщеплением ядер исследуемого вещества. Так были разделены ядра атомов бора, азота, фтора, натрия, алюминия и фосфора.

При проведении этих опытов выяснилось еще одно различие в поведении выбитых из исследуемого элемента и „естественных“ Н-частиц. Оказалось, что при разрушении ядер протоны летят по всевозможным направлениям, в то время как естественные Н-частицы—только в направлении полета α -частиц. Это означало, что при наблюдении сцинтилляций под углом будет виден лишь результат расщепления ядер.

Руководствуясь этой идеей, Резерфорд и Чадвик сконструировали новый прибор (приведенный в упрощенном виде на рис. 10). *A*—латунная коробка, из которой выкачан воздух, *B*—слюдяная пластинка,

закрывающая окошко, толщиной, соответствующей по проницаемости 7 см воздуха. Исследуемое вещество находилось на пластинке F ; сцинтилляция наблюдалась на экране O , расположенном под углом 45° к направлению полета α -частиц. О том, что естественные N -частицы на экран не попадали, говорил тот факт, что введение в прибор водорода не изменяло числа сцинтилляций, наблюдаемых на экране.

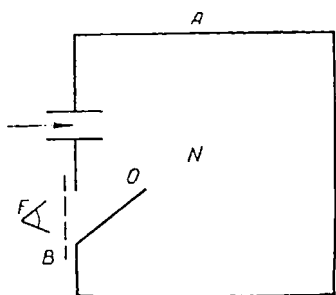


Рис. 10.

При помощи этого прибора Резерфорд и Чадвик разрушили ядра неона, кремния, калия, серы, аргона, магния и хлора, т. е. в общем почти всех легких элементов.

Следующий важный шаг заключался в изучении основных физических характеристик частиц или осколков ядер, участвующих в реакции: их скоростей

масс, зарядов. Для этого нужно было видеть траектории полета частиц. Такой возможности не давали существующие в то время методы исследования частиц в ионизационных камерах. Дело в том, что акт расщепления ядра оказался слишком маловероятным: достаточно сказать, что миллион α -частиц давал не более 8 удачных попаданий в ядра атомов. Нужно было производить огромное количество снимков, чтобы зафиксировать один акт расщепления. Это составило существенное затруднение в деле изучения деления легких ядер. Выход из этого затруднения был найден Блэккетом, который сконструировал ионизационную камеру так, что фотографирование производилось автоматически через каждые 10–15 сек. И хотя после этого исследователь по-прежнему должен был изучать большое количество снимков, сам процесс фотографирования уже не представлял труда.

Изучение путей полета α -частицы, протона и остатка ядра до и после столкновения окончательно подтвердило существование искусственного превращения элементов, открыло перед физиками и хими-

ками широкие возможности изучения процессов, происходящих в микромире.

Искусственным превращением легких ядер—величайшим завоеванием не только физики атома, но и естествознания в целом по существу заканчивается многолетний, исключительно плодотворный труд Резерфорда по исследованию ядерных процессов. Дальнейшие изыскания Эрнеста Резерфорда, после 1919 года, привели к ряду ценных предвидений, а также к некоторым конкретным результатам, однако их роль по сравнению с уже рассмотренными открытиями менее значительна.

Изучение ядерных сил.

Опыты по рассеянию α -частиц, а также исследования деления легких ядер побудили физиков пересмотреть вопрос о структуре атома и процессах в нем. Однако, чтобы сделать это, нужно было иметь гораздо больше опытных фактов по сравнению с теми, которыми располагали исследователи. И, как это иногда случается, когда недостает экспериментальных данных, строились формальные теории, которые ни к какому положительному результату не приводили. Существовали опытные факты, которые давали возможность более или менее удовлетворительно объяснить свойства атомной оболочки (например, многочисленные данные оптических исследований), но было слишком мало фактов для изучения ядра.

Исследования Резерфордом ядерных сил начались еще в процессе изучения строения атома. Как ранее указывалось, предложенная Резерфордом формула рассеяния оказывалась в ряде случаев неточной, в частности наблюдались значительные отклонения от нее, когда речь шла об очень малых расстояниях между ядром и α -частицей (порядка 10^{-13} см). Это побудило Резерфорда рассмотреть вопрос о законе, которым можно было бы охарактеризовать силы взаимодействия α -частицы с ядром.

Сопоставив результаты опытов по рассеянию α -частиц ядрами атомов со своей формулой рассеяния, Резерфорд пришел к выводу, что „в области, непосредственно окружающей ядро, справедлив обычный закон действия силы; закон обратной пропорциональности квадрату расстояния может нарушаться

у самого ядра или когда частица проникает внутрь ядра¹.

Исходя из этого Резерфорд предположил, что потенциал поля ядра складывается из кулоновского

$$-\frac{2ze^2}{r},$$

где z —число элементарных положительных зарядов в ядре, а r —расстояние между ядром и взаимодействующей с ним α -частицей, и потенциала, соответствующего аномальным ядерным силам, который он предлагает выразить членом суммы, обратно пропорциональным высокой степени k расстояния от ядра. Таким образом, по Резерфорду, потенциал u поля взаимодействующих α -частицы и ядра можно выразить формулой вида:

$$u = -\frac{2ze^2}{r} + \frac{A}{r^k},$$

где A и k —постоянные величины (см. рис. 11). Однако такое абстрагирование от действительности, вообще говоря, не характерное для Резерфорда, не

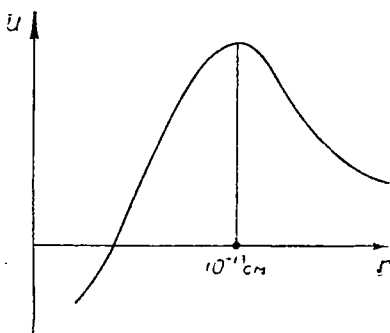


Рис. 11.

привело к положительным результатам. Попытки и автора теории и его современников найти числовое значение величины k успехом не увенчались.

Таким образом, в исследованиях поля ядра ценной является лишь сама идея о существовании наряду с кулоновскими специфических ядерных сил. Кроме того, на основании экспериментов по рассеянию α -частиц ядрами атомов Резерфорд установил, что ядерные силы имеют очень малый радиус действия (короткодействующий характер ядерных сил), порядка 10^{-13} см. Вопрос же о природе этих сил ни в период, о котором

¹ Резерфорд, Естественное и искусственное разложение элементов, УФН, т. 5, вып. 1, 1945.

идет речь, ни в настоящее время не нашел своего окончательного разрешения. После исследований Резерфорда в выяснении природы ядерных сил приняла участие большая группа зарубежных и советских ученых: Гайзенберг, Майорана, Иваненко, Соколов, Юкава, Баба, Гайтлер, Зербер, Оппенгеймер и др. Но, как правило, наряду с удовлетворительными качественными теориями получались не соответствующие опыту количественные результаты. Проблема ядерных сил оказалась особенно трудной.

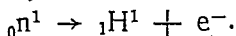
На основании тех фактов, которые все же удалось установить, стало понятно, насколько сложны внутриядерные процессы, как многообразны свойства ядер. Выяснение природы ядерных сил (без чего принципиально невозможно решить до конца вопрос о строении ядра) обогатит современные представления об атоме, поможет нам глубже проникнуть в тайны мира атомов.

Научные
предвидения
Резерфорда.

До 1932 года физикам были известны лишь две элементарные частицы: протон и электрон. О существовании других частиц высказывались более или

менее вероятные предположения.

В вопросе о составе ядра атома среди различных гипотез 20-х годов нашего века особого внимания заслуживает предположение Резерфорда о существовании нейтральных частиц, находящихся внутри ядер. С исключительной прозорливостью он допускает, что внутриядерные нейтральные частицы могут быть образованы парами протон—электрон, частицами равного по величине и противоположного по знаку заряда. Эти представления очень напоминают современные, согласно которым в процессе β -распада внутриядерные нейтроны излучают электроны, превращаясь в протоны, по схеме:



Однако Резерфорд, опираясь на классические представления, использует явно несостоятельную аналогию ядерных сил с магнитными¹. В 1920 году на лек-

¹ Современные исследования показали, что аналогия с магнитными силами приводит к слишком малой величине ядерных сил.

ции в Королевском обществе Резерфорд говорил: „Представляется возможным, что протон и электрон образуют весьма тесные пары, нейтроны, как я их назвал. Вероятное расстояние между центрами таких дублетов — порядка $3 \cdot 10^{-13}$ см. Силы между двумя нейтронами должны быть очень малыми, за исключением тех случаев, когда нейтроны сближаются на расстояние указанного порядка величины; возможно, что нейтроны удерживают друг друга подобно тому, как группа малых подвижных магнитов образует связанное целое, сдерживаясь силами взаимодействия“¹.

Примерно через год Глассон предпринял попытку получить нейтроны или, как он говорил, „ядра нулевого элемента“, экспериментальным путем. Он думал, что эти частицы могут образовываться во время разряда в атмосфере водорода, вследствие соединения протонов и электронов. Однако его опыты не привели к желаемому результату; заманчивая идея оказалась ошибочной. Безуспешными были и подобные попытки других исследователей, предпринятые до 30-х годов нашего столетия. Лишь двенадцать лет спустя после предсказания Резерфорда благодаря работам ученика Резерфорда Чадвика, а также известного французского физика Фредерика Жолио, предположения относительно существования нейтрона оправдались.

Одновременно Резерфорд продолжает развивать идею об эволюции элементов; зародилась она еще в 1891 году. Возможно, в плане именно этой идеи он приходит к предположению о существовании изотопа водорода, т. е. элемента, сходного по своим химическим свойствам с водородом, но отличающимся от него атомным весом. В лекции в Королевском обществе Резерфорд говорил: „Если мы правы в этом предположении, то очень вероятно, что один электрон может связывать два ядра водорода или, что также возможно, одно ядро водорода. В первом случае это влечет за собой возможность существования атома с массой, почти равной двум, и с одним

¹ Резерфорд, Естественное и искусственное разложение элементов, УФН, т. 5, вып. 1, 1945.

зарядом, который должен рассматриваться как изотоп водорода. В другом же случае это приводит к мысли о возможности существования атома, масса которого 1 и ядерный заряд 0 (нейтрон.—Л. К.)¹. В 1932 году сбылось это предсказание. Группой физиков был открыт тяжелый изотоп водорода или дейтерий. Благодаря более быстрому испарению легкого изотопа вначале ученым удалось искусственным путем увеличить процентное содержание тяжелого изотопа в водороде. Позже Герц путем многократных диффузий полностью разделил два изотопа (хотя в обычном водороде процентное содержание тяжелого изотопа составляет всего лишь 0,02)². Изучение свойств открытого изотопа привело к выводу, что в состав его ядер (или дейтеронов) входят по одному нейтрону и протону, так что действительно масса ядра в относительных единицах (массовое число) равна двум, а ядерный заряд—единице.

Труды Резерфорда в рассматриваемый период его деятельности печатаются в „Философском журнале“ и в «Записках Королевского общества».

¹ Резерфорд, Естественное и искусственное разложение элементов, журн. „Успехи физических наук“, т. 5, вып. 1, 1945.

² Дальнейшие исследования свойств воды показали, что почти полное отделение тяжелой воды от легкой, до чистоты 99,99%, достигается путем электролиза.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

РЕЗЕРФОРД И ЕГО ШКОЛА

Личные качества. Он был высокого роста, плотного телосложения, с добрым приветливым лицом и радостным выражением в голубых глазах, производил впечатление человека искреннего и непосредственного, внимательного к людям. Он до конца своей жизни имел облик просто одетого фермера из английской провинции, говорил слишком громко, с провинциальным акцентом, задорно и также громко смеялся. Всегда шумный, жизнерадостный... Таким представляется Резерфорд в воспоминаниях его учеников и сотрудников.

В работе его неизменным качеством была большая любовь к эксперименту. „В эксперименте он был артистом¹,—пишет Руссель. Резерфорд, по мнению англичан, во многом напоминал Фарадея. Как и Фарадей, он был прекрасным экспериментатором и сравнительно мало пользовался математическим аппаратом. Выводя на лекции какую-нибудь сложную формулу, он иногда сбивался и тогда говорил: „Если все вывести правильно, то так и получится“².

Резерфорд знал цену абстрагированию в физике; он воспринял и высоко оценил квантовую теорию, но в своей работе предпочитал эксперимент и его непосредственные обобщения. В связи с этим мы сошлемся на небезынттересную выдержку из книги Eve³. В этой книге содержится рассказ о споре известного физика рубежа XIX—XX веков В. Вина

¹ „The Collection...“

² Файнбойм, Эрнест Резерфорд, журн. „Физика в школе“ 1938, № 2.

³ „Being the Life and Zettters...“

с Резерфордом по вопросу об относительности движения. Дело в том, что по законам обычной (ньютоновой) механики, которая применяется в случае скоростей, намного меньших скорости света, относительное движение математически определяется не так, как по механике теории относительности Эйнштейна, пригодной для быстрых движений. Вин считал, что в вопросе об относительности движения нужно следовать теории относительности. Резерфорд же, подчеркивая, что поправки, вносимые в законы обычной меха-



Э. Резерфорд.

ники теорией относительности, практически неощутимы, указывал на чрезмерную абстрактность эйнштейновой теории, ее оторванность от действительности. Ив, вспоминая об этом споре Вина и Резерфорда, передает: „Однажды Резерфорд, Вилли Вин и я перед отъездом из Брюсселя вместе закусывали. Резерфорд разговаривал с Вином об относительности. Вин доказывал, что Ньютон ошибался¹ в вопросе об относительности движения, которое нужно было представлять не суммой скоростей $u + v$, а, согласно Эйнштейну, как $1 + \frac{uv}{c^2}$, где c —скорость света². На-

¹ На самом деле ньютоновская механика просто неприменима для движений со скоростями, соизмеримыми со скоростью света.

² Очевидно, автор имеет в виду закон сложения скоростей, даваемый теорией относительности:

$$\frac{u+v}{1 + \frac{uv}{c^2}}$$

мекая на английское происхождение Резерфорда, Вин добавил: „Но... англосаксы не могут понять относительности“. „Конечно, — засмеялся Резерфорд, — они слишком много чувствуют“.

В отличие от Фарадея, работавшего в одиночку, Резерфорд всегда имел многочисленный штат учеников, которым помогал не только в их научном росте, но и в различных житейских делах. „Многие из нас, — пишет Марсден, —...были обязаны лорду и леди Резерфорд“.

В часы работы учитель часто беседовал с сотрудниками на всевозможные темы, обнаруживая при этом хорошие познания в различных областях науки. Во время перерыва, за чашкой чая, он любил поддразнивать своих молодых коллег, шутил, острил, не претендуя при этом на оригинальность остроумия. Неоднократно он высказывал свое отрицательное отношение к стилю насмешек Марка Твена.

Различные авторы уделяют немало места отношению Резерфорда к вопросам приоритета. При этом высказываются совершенно противоречивые суждения. Так, Робинзон, в противоположность многим другим авторам, дает далеко не лестную оценку личности своего руководителя. Будучи в Манчестере, Резерфорд наряду с исследованиями радиоактивности принимал участие в опытах с жидким воздухом. Один из таких опытов он проводил с помощью Робинзона. Вспоминая, как однажды в выходной день они совместно в течение нескольких часов экспериментировали с жидким воздухом, Робинзон замечает, что к концу работы, подводя итог проделанному, Резерфорд сказал: „Да, это хорошая работа, и сделал ее я, а не вы“¹. Анализируя этот случай, Робинзон далее пишет: „Резерфорд был далек от безразличия в вопросах приоритета в открытиях — он любил быть признанным первым на новом пути“².

Однако существует и другое мнение. Так, Руссель говорит: „Он был резок по отношению к некоторым... от того, что они примазывались не к его личным успехам, а просто к хорошим перспективам дела“³.

¹ „The Collection...“

² Там же.

³ Там же.

Безраздельная преданность науке, та глубина и серьезность научных исследований, которые свойственны поистине гениальным ученым, как правило, плохо уживаются с тщеславием или нескромностью. Некоторые факты заставляют усомниться в том, что Резерфорд представлял собой исключение из этого правила. Так, когда ему в 1912 году было присвоено рыцарское звание, отвечая на поздравления, он говорил, что не просил такого поощрения, но думает, что оно не помешает ему заниматься научной деятельностью. В 1931 году, когда Резерфорд был возведен в лорды Англии, он телеграфировал своей матери: „Теперь я лорд Резерфорд, и эта честь принадлежит тебе, а не мне“¹.

Кстати заметим, что Резерфорд всю жизнь питал к матери самые нежные чувства, постоянно делился с нею своими радостями и невзгодами и часто говорил, что всеми успехами в научной работе он обязан ей.

Значительное место в жизни Резерфорда занимала его лекторская деятельность. Больше всего он любил выступать с лекциями по вопросам современной ему физики. В этих лекциях он всегда подчеркивал значительный прогресс науки начала XX века. Как отмечает Робинзон², студенты, слушавшие Резерфорда, чувствовали себя в курсе всех последних научных событий, знали проблемы физики. Особенно много Резерфорд выступал с различными лекциями и докладами в период пребывания в Манчестере. Среди университетских лекторов он считался одним из наиболее популярных.

Говоря о личных качествах Резерфорда, необходимо особо отметить его прекрасные способности в деле руководства научными исследованиями.

Резерфорд как руководитель научных исследований.	В физических лабораториях которыми Резерфорд руководил в разные периоды своей жизни, как правило, над проверкой различных идей работало 10—20 сотрудников. Ежедневно во время специальных обходов Резерфорд контролировал их, быстро повторяя измерения; подсказывал наиболее прямые
--	--

¹ „The Collection...“

² Там же.

и простые методы исследования, а также новые идеи, в которых он не испытывал недостатка; в уме прикидывал результаты, интерпретировал, ставил новые задачи. Здесь же обнаруживалось замечательное качество ученого—умение предвидеть.

Вместе с тем Резерфорд был настойчив и строг в своих требованиях, хотя и не любил, когда сотрудники смущались в его присутствии. Марсен рассказывает следующий эпизод. „Резерфорд зашел в мою комнату и, замечая, что призма смещена, изменился в лице. Он подошел к оптической скамье, у которой я работал, положил руку мне на плечо и спросил: „Вы двигали эту призму?“ Я... ответил „нет“. Полчаса спустя он снова зашел в комнату, умышленно сел на стул против меня и спокойно выразил свои извинения, ... обвинив меня в смущении“¹.

Почти постоянно в лаборатории работал кто-нибудь из студентов, и иногда случалось, что работа внезапно прекращалась из-за того, что Резерфорд не мог простить промахов, допущенных по молодости или неопытности. Бывало и так, что некоторые, из числа тех, кому „не посчастливилось“, называли Резерфорда деспотом. Возможно, он действительно бывал слишком строг и резок, и все же более важным нужно считать тот факт, что этот „деспот“ воспитал целую плеяду не просто физиков, а крупных ученых, внесших впоследствии значительный вклад в дело дальнейшего развития ядерной физики.

Резерфорд стремился развить у своих сотрудников самостоятельность, собственную инициативу и ради этого бывал чрезвычайно терпеливым. Однажды, зная, что один из его учеников работает над безнадежной темой, он умышленно не прерывал его, чтобы заставить думать и привести к самостоятельному выбору новой, более подходящей темы. Он умел видеть в научном работнике лучшие качества, чтобы развивать их. Характеризуя Эрнеста Резерфорда как научного руководителя, Гайгер писал: „Это были счастливые дни в Манчестере, мы оказались лучшими, чем мы себя знали“².

¹ „The Collection...“

² Там же

Об отношении Резерфорда к сотрудникам говорит и советский физик академик Капица, который занимался в Кэвэндишской лаборатории Кэмбриджского университета исследованиями жидкого гелия, а также поведения α -частиц в сильных магнитных полях¹. Он отмечает, что руководитель лаборатории не разрешал своим сотрудникам работать более чем до 6 часов вечера. „Вполне достаточно работать до 6 часов вечера,—говорил Резерфорд.—Остальное время вам нужно думать. Плохи люди, которые слишком много работают и слишком мало думают“.

Сотрудники лабораторий Резерфорда чувствовали постоянное внимание со стороны руководителя, который не только работал, но и развлекался, отдыхал вместе с ними, интересовался их нуждами.

Э. Резерфорд, по словам его учеников, был большой мастер развлекаться. Он вовсе не принадлежал к категории так называемых „сухих“ ученых, которые абсолютно все, в том числе и собственный отдых, приносят в жертву науке. Подобно тому, как в часы работы он всецело находился во власти своих идей, в другое время, в часы отдыха, он, всегда веселый, исключительно жизнерадостный, безраздельно предавался развлечениям. Охотник, рыбак и спортсмен, Резерфорд всегда умел чем заняться. Он представлял собой пример прекрасного сочетания серьезной творческой деятельности и полноценной личной жизни.

Своеобразие Резерфорда как научного руководителя состоит именно в том, что своим примером он воспитывал не только специалистов определенной области физики, но людей разносторонних интересов, сочетающих личное с общественным. Он прививал своим ученикам лучшие человеческие качества.

В Кэмбриджском университете Резерфорд, как всегда, имел многочисленный штат сотрудников и учеников, хорошо оснащенные лаборатории, в которых проводилось большое количество исследований. Наряду со старыми сослуживцами (некоторые из них при-

Последние
годы жизни.

¹Кстати заметим, что в Кэвэндишской лаборатории и после отъезда советского ученого продолжались поставленные им там работы в области низких температур, в частности по изучению свойств гелия 2.

ехали сюда вместе с Резерфордом из Манчестера) здесь можно было увидеть и большое количество представителей молодежи. Резерфорд говорил: „Ученники заставляют меня оставаться молодым“. Действительно, чтобы руководить молодым поколением, надо дерзать, идти в ногу с наукой. И Резерфорд приветствовал новые идеи в физике в противоположность некоторым ученым, которые, старея, становились в оппозицию к зарождающимся теориям.

После 1920 года научная деятельность Резерфорда менее плодотворна по сравнению с прежними годами его жизни; он не совершает больших научных открытий. Великий ученый передает свои знания и опыт новому поколению, воспитывает будущих исследователей ядерных явлений.

За научные заслуги, а также за создание крупной школы физиков в период 1920—1930 годов Резерфорд был удостоен многочисленных научных наград. Так, в 1922 году ему присуждается медаль Копли, в 1924 году — медаль Франклина, в 1930 году — медаль института инженеров электриков и т. д. В 1925 году Резерфорд был избран президентом Королевского общества и находился на этом посту до 1930 года.

Незадолго до смерти Резерфордом была опубликована книга „Современная алхимия“, посвященная вопросам превращения элементов.

Скончался великий ученый осенью 1937 года в одном из Кэмбриджских госпиталей после операции в возрасте 66 лет. Резерфорда знали как крепкого, закаленного спортом человека, и его смерть явилась большой неожиданностью для соотечественников. Дело в том, что и родители Резерфорда обладали крепким здоровьем и прожили до 90 лет.

Очевидно, самые глубокие и приятные воспоминания остались у Резерфорда о Нельсон-колледже. Умирая, он говорил жене: „Я хочу оставить 100 фунтов Нельсон-колледж. . Запомни, 100 Нельсон-колледж“.

40 лет Резерфорд трудился на поприще науки, полный молодого энтузиазма, сделавшего труд ученого столь плодотворным. В памяти потомков он представляется не только как выдающийся ученый своего времени, но и как высококультурный, всесторонне развитый человек.

Похороны Резерфорда были исключительно многлюдными. Помимо крупнейших ученых, сотрудников и знакомых, друзей Резерфорда, здесь были и студенты, любившие и уважавшие своего учителя. Эрнест Резерфорд был похоронен в Вестминстерском аббатстве рядом с Исааком Ньютоном, Чарлзом Дарвином и Майклом Фарадеем.

Школа Резерфорда. Резерфорд оставил большую школу учеников и последователей, сыгравших большую роль в развитии физики ядра¹.

Среди различных направлений их работы мы укажем кратко на исследования в области радиоактивности, ускорительной техники, а также по изучению свойств нейтрона.

1. Определение Чадвиком заряда ядра. Как сейчас известно, нейтральность атомов обуславливается тем, что в них содержатся равные по величине и противоположные по знаку заряды электронов и протонов: число отрицательно заряженных электронов на оболочке равно числу положительно заряженных протонов в ядре атома того или иного химического элемента. Отсюда, в частности, следует, что, зная заряд ядра и атомный вес элемента (равный общему числу протонов и нейтронов в ядре), мы можем получить представление о том, как распределяются внутриатомные частицы между ядром и оболочкой.

В наше время, когда даже люди, обладающие элементарными познаниями в области атомной физики и химии, могут разобраться в таблице Менделеева, эти положения кажутся совершенно ясными. Но в 10-х годах нынешнего столетия такие воззрения на строение атома подвергались серьезным сомнениям, они все еще оставались проблемными. Для окончательного решения вопроса не хватало экспериментальных данных. Исключительное значение имело прежде всего опытное определение заряда ядра. Это было сделано одним из выдающихся учеников Резерфорда Чадвиком в 1920 году. Первое

¹ Кстати заметим, что преемником Резерфорда на посту заведующего кафедрой физики Кэмбриджского университета стал его брат, который приобрел известность в области акустики.

опытное¹ определение заряда ядра атома производилось следующим образом.

Чадвик использовал установку, схематически представленную на рисунке 12. α -частицы, излучаемые источником R , рассеивались тонкой фольгой AA' , имевшей форму кольца. Те из них, которые рассеивались под углом θ , подсчитывались по вспышкам

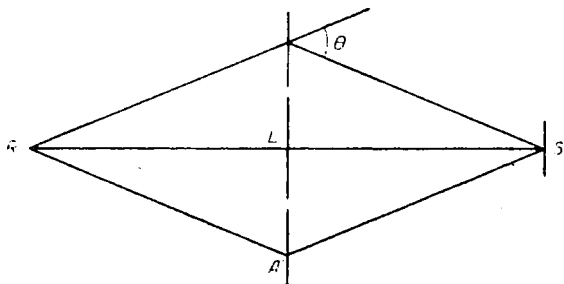


Рис. 12.

на экране S , покрытом сернистым цинком. Экран устанавливался на оси конуса RAA' , так, что $RA = AS$. В процессе исследования рассеяния экран S был защищен свинцовой пластинкой L от тех α -частиц, которые могли бы попасть на него непосредственно от источника R .

Прежде всего определялось общее число частиц, падающих на фольгу AA' . Для этого пластина L удалялась, и в начале подсчитывалось число α -частиц, достигающих экрана непосредственно от R . Зная же, во сколько раз площадь фольги больше площади экрана, можно было подсчитать искомую величину. После этого применялась формула рассеяния:

$$N = a \frac{t}{E^2 \sin^4 \frac{\theta}{2}}$$

¹ К этому времени Мозли на основании своей работы по рентгеновским лучам теоретическим путем нашел, что заряд ядра равен Ze , где Z —порядковый номер элемента, а e —положительный заряд, численно равный заряду электрона.

В ней a имеет значение, определяемое формулой;

$$a = \frac{nQe^2q^2}{4r^2},$$

где

n —число атомов в единице объема фольги;

Q —общее число частиц, попадающих на фольгу;

q —заряд ядра;

r —образующая конуса (в описываемом опыте равная RA).

Принимая во внимание формулу рассеяния, можно найти

$$q^2 = \left(\frac{2rE \sin^2 \frac{\theta}{2}}{e} \right)^2 \frac{N}{nQt}$$

или

$$q = \left(\frac{2rE}{e} \sin^2 \frac{\theta}{2} \right) \sqrt{\frac{N}{nQt}}.$$

По этой формуле и находился искомый ядерный заряд q .

2. Правило смещения. По мере изучения радиоактивного распада атомов обнаруживались все новые его стороны. Раскрывались неизвестные ранее закономерности, устанавливались новые положения. Вместе с тем в ряде законов и правил, выводимых теоретически или, чаще, из опыта, получала все более конкретное выражение идея превращения элементов.

Одним из важных положений, конкретизирующих эту идею, видимо, является ответ на вопрос: как меняются свойства элемента в процессе его радиоактивного распада? Или, формально: как меняется положение радиоактивного элемента в таблице Менделеева, вследствие его распада? На эти вопросы отвечает правило, установленное учениками Резерфорда Содди и Фаянсом, которое называется правилом смещения.

Учитывая, что атомный вес элемента определяется массой ядра в относительных единицах, а порядковый номер—числом элементарных положительных зарядов в ядре, нетрудно понять следующие положения. При излучении ядром атома α -частицы атомный

вес соответствующего элемента (на рис. 13 элемента А) уменьшится на 4 единицы, так как масса α -частицы в относительных единицах равна четырем, а заряд ядра — на две единицы, поскольку α -частица обладает двумя таблицами положительного заряда. Вследствие

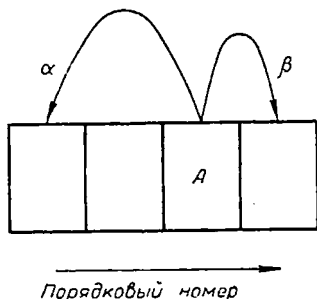
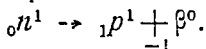


Рис. 13.

этого элемент переместится в таблице Менделеева на две клетки влево (см. черт.) При β -распаде атомный вес практически не меняется, а положительный заряд ядра возрастает на одну единицу, так как в процессе β -излучения внутри ядра атома происходит превращение:



В этом случае элемент переместится на одну клетку вправо. Отсюда следует правило Содди—Фаянса: *если в проц ссе радиоактивного распада число излучаемых β -частиц вдвое больше числа α -частиц, то элемент остается на прежнем месте в периодической таблице Менделеева.* Как видно, это правило раскрывает также механизм образования изотопов. *Элемент, излучающий α - и β - частицы и тем не менее остающийся на прежнем месте в периодической таблице, превращается в свой изотоп вследствие изменения его атомного веса.*

3. Ускоритель Кокрофта и Уолтона. Для изучения ядерных превращений, а также для практического использования процессов деления часто необходимо ускорение частиц, осуществляющих бомбардировку ядер. В разработке проектов и осуществлении конструкций первых ускорительных установок немалую роль сыграли исследования учеников Резерфорда Кокрофта и Уолтона. Они проводились в Кембриджской лаборатории и были завершены в 1932 году созданием высоковольтного ускорителя. В оригинальной по тому времени конструкции этого ускорителя была воплощена следующая простая идея.

Энергия заряженной частицы, движущейся в электрическом поле, может быть увеличена за счет работы

сил поля. Так, например, частица с зарядом ze в промежутке, к которому приложена ускоряющая разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$, приобретает энергию:

$$\frac{mv^2}{2} = ze (\varphi_1 - \varphi_2).$$

В качестве ускоряемых частиц Кокрофт и Уолтон использовали протоны. Между электродами K и A (см. рис. 14), благодаря большой разности потенциалов, происходил разряд. Излученные катодом K электроны производили ионизацию водорода с образованием протонов.

Частицы ускорялись полем между E_1 и E_2 и направлялись на мишень T . Последняя покрывалась слоем того вещества, которое нужно было исследовать.

Интересно заметить, что в то время как напряжение, ускоряющее протоны, было равно $1 - MeV$, энергия продуктов деления (α -частицы) достигала $20 MeV$. Этот колоссальный выигрыш энергии обуславливался внутриатомными процессами.

При помощи своей установки Кокрофт и Уолтон получили выдающийся результат: они впервые осуществили ядерную реакцию, возбужденную искусственно ускоренными частицами. Кроме того, бомбардируя ядра лития и бора, Кокрофт и Уолтон произвели первую реакцию типа $[p, \alpha]$, т. е. такую, при которой α -частицы возникают в результате взаимодействия вещества с протонами. Примером этих реакций может служить следующая:

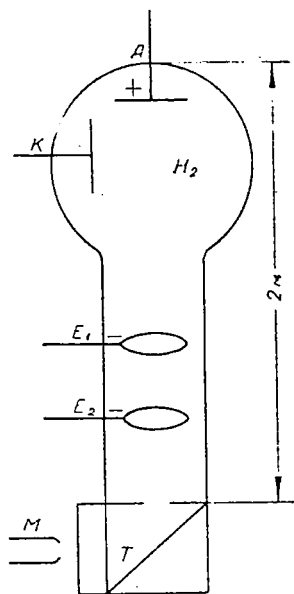
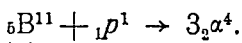
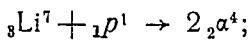
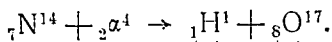


Рис. 14.

Для сравнения напомним первую реакцию типа $[\alpha, p]$:



С 1932 года реакции нового типа стали осуществляться в лабораториях различных стран мира на ускорителях разных типов.

Работы Кокрофта и Уолтона способствовали начавшемуся в 1932 году интенсивному использованию ускорителей для самых разнообразных исследований в области ядерной физики. Знаменательные в истории науки открытия (нейтрона, искусственной радиоактивности и др.) после 1932 года были осуществлены при помощи естественных источников быстрых частиц.

4. Открытие нейтрона. Открытие нейтрона относится к периоду, особенно богатому исследованиями, посвященными вопросам строения вещества. Изучение реакций взаимодействия известных элементарных частиц с атомами различных элементов, а также процессов, происходящих в космических лучах, приводит к обнаружению новых частиц, что принципиально меняет представление о строении вещества. Помимо нейтрона, открывается позитрон (1933), а также мезон (1937); высказываются предположения о существовании нейтринов.

Развивая идеи Резерфорда, Чадвик возглавил исследование в области строения вещества. В 1930 году при изучении взаимодействия α -частиц с некоторыми элементами (литий, бериллий, бор, углерод, магний, алюминий, кальций и серебро) немецкие ученые Ботэ и Беккер обнаружили излучение с большой проникающей способностью. Схема их опыта представлена на рисунке 15. 1—радиоактивный источник (полоний), 2—поток α -частиц, 3—исследуемый элемент (например, бериллий), 4—свинцовый фильтр, 5—счетчик, 6—неизвестные лучи. Как показал эксперимент, обнаруженное излучение теряло сравнительно малый процент интенсивности при прохождении значительной толщи свинца. Так, например, интенсивность излучения из бериллия после прохождения лучами толщи свинца 2 см уменьшалась только на 13% по сравнению с первоначальной. Это означало, что

изучаемое излучение сравнительно мало тормозится заряженными внутриатомными частицами (в фильтре). Поэтому и возникло предположение, что это — поток нейтральных частиц, на которые электрические заряды (ядра, электроны) не действуют. Ботэ и Беккер пришли к заключению, что полученное ими излучение ввиду его малой поглощающей способности

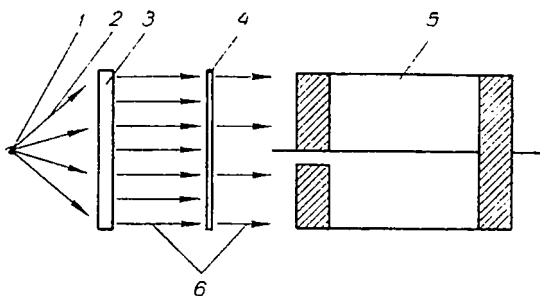


Рис. 15.

представляет собой γ -лучи. Но исследования Фредерика Жолио-Кюри и Ирен Кюри, а затем Чадвика показали, что это заключение ошибочно.

Фредерик и Ирен Кюри проводили свои опыты в ионизационной камере с электрометром. В качестве α -радиоактивного препарата, как и в опытах Ботэ и Беккера, применялся полоний, бомбардировке же подвергались бор, бериллий или литий.

Чтобы изучить свойства нового излучения, образующегося под воздействием α -частиц, исследователи должны были обойти по существу непреодолимую трудность. Дело в том, что это излучение ввиду его нейтральности не отклоняется ни электрическим, ни магнитным полями. Здесь нужны были методы, отличные от тех, которые применялись в случае заряженных частиц.

Жолио и Ирен Кюри воздействовали неизвестными частицами на парафин и другие тела, содержащие водород. Вследствие этого из водородсодержащих веществ освобождались протоны. Последние производили ионизацию, возбуждая ионизационный ток. По величине ионизационного тока можно было судить о скорости движения протонов. Физические же



Фредерик Жолио-Кюри.

характеристики исследуемого излучения определялись косвенно, по характеристикам протонов. Так была обойдена указанная выше трудность.

Оказалось, что значение энергии изучаемых частиц находится в противоречии с выводом Ботэ и Беккера, согласно которому эти частицы представляют собою γ -лучи. Это и привело Чадвика к решению, что необходимо изменить представление о природе данного излучения. Исследуемое

излучение должно представлять собой поток частиц с размерами атомных ядер и массой, примерно равной массе протона, но не несущей никакого заряда. Следуя Резерфорду, он назвал эти частицы нейтронами. Новая идея Чадвика окончательно укрепилась в науке после того, как им была подсчитана масса частицы (1932).

При определении массы нейтрона Чадвик пользовался ядерной реакцией, происходящей между ядром бора и бомбардирующей его α -частицей. Кроме того, он основывался на правиле Астона, которое по существу следует из таблицы Менделеева. Чтобы понять это правило, возьмем для примера какие-либо элементы таблицы Менделеева: ${}^4_2\text{He}$, ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{27}_{13}\text{Al}$, ${}^{79}_{35}\text{Br}$, ${}^{235}_{92}\text{U}$ и т. д. Если сравнить между собой верхние (атомные веса) и нижние (атомные номера) числа, то станет ясно, что атомный вес любого элемента больше удвоенного значения заряда ядра или равен ему. Это можно представить неравенством:

$$A \leq 2Z,$$

где A —атомный вес, а Z —заряд ядра или порядковый номер соответствующего элемента. В этом и

состоит правило Астона. Оказывается, что при помощи этого несложного правила можно решать очень важные и интересные задачи. Чадвик определил, что из двух изотопов бора ${}_5\text{B}^{10}$ и ${}_5\text{B}^{11}$ нейтроны излучает ${}_5\text{B}^{11}$.

При этом он основывался на непосредственном, простом подсчете A и Z . Новый элемент—продукт реакции должен иметь атомный вес $A+3$ и заряд $Z+2$, где A и Z —атомный вес и порядковый номер исходного элемента, так как он образован в результате захвата α -частицы с $A=4$ и $Z=2$ и излучения нейтрона с $A=1$ и $Z=0$. К этому новому элементу и применялось правило Астона. В результате получилось неравенство:

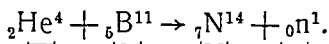
$$A+3 \leq 2(Z+2).$$

Определяя отсюда A исходного элемента, можно найти:

$$A \leq 2Z+1.$$

После этого нетрудно ответить на вопрос: какой из двух изотопов бора излучает нейтроны?

Полученному соотношению между A и Z удовлетворяет изотоп ${}_5\text{B}^{11}$ ($A=11$, $Z=5$), но не ${}_5\text{B}^{10}$. В этом легко убедиться, подставляя вместо A и Z их значения. Тем самым доказывается, что под воздействием α -частиц нейтроны излучает более тяжелый изотоп ${}_5\text{B}^{11}$. Теперь можно подробно написать ядерную реакцию:



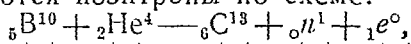
Определяя далее массу нейтрона, Чадвик пользуется тем, что к ядерным реакциям применимы закон сохранения энергии и закон сохранения импульса. Он говорит: „Предполагая, что при распаде имеет место сохранение энергии и импульса, достаточно знать кинетическую энергию нейтрона, освобожденного α -частицей с известной скоростью, чтобы определить его массу, если только известны массы атомных ядер“¹. После подсчетов, в которых он использует табличные значения масс ядер бора и азота, а также экспериментально найденные вели-

¹ Чадвик, Нейтрон, 1934.

чины энергии нейтрона и α -частицы, Чадвик получает: $m_n = 1,0067$ (в относительных единицах).

Он пишет об этом: „Пользуясь данными Астона для масс атомных ядер, я получил для массы нейтрона величину $1,0067$ “¹.

Дальнейшие исследования показали, однако, что эта величина нуждается в поправке. После того как в 1933 году был открыт позитрон ($+_1e^0$), Фредерик Жолио-Кюри показал, что при облучении α -частицами бора в реакцию вступает изотоп ${}_5B^{10}$. Если учесть, что в процессе этой реакции, помимо нейтронов, образуются позитроны по схеме:



то станет понятно, что противоречия правилу Астона здесь не будет. По этой формуле и находится более точное значение массы нейтрона.

Нейтроны получили широчайшее применение в современной ядерной энергетике. Именно эти частицы оказались наиболее подходящими снарядами для бомбардировки ядер с целью получения и практического использования атомной энергии.

Обнаружение нейтрона и изучение его свойств открыло путь к исследованию структуры атома. Оно сделало возможным создание современной протонно-нейтронной модели ядра. Предвосхищая значение своего открытия, Чадвик в 1932 году писал: „Природа и свойства нейтрона представляют интерес не просто потому, что это новый объект изучения, но также и потому, что нейтрон, вероятно, является существенным элементом в структуре материи“². За открытие нейтрона Чадвик был удостоен Нобелевской премии.

Мы указали лишь на немногие работы учеников и последователей Резерфорда. Чтобы точнее охарактеризовать значение школы физиков, оставленной великим ученым, достаточно сказать, что большинство основных вопросов ядерной физики первой трети нашего века связано в той или иной мере с именами Резерфорда и его последователей.

¹ Чадвик, Нейтрон, 1934.

² Там же.

„Каждый ученый должен добавлять свою долю в большое здание науки“,—говорил Резерфорд. Эти доли неравные. Львиная часть падает на тех, кто не только творит сам, но и воспитывает новых творцов, кто своим вдохновляющим примером ведет за собой молодое поколение ученых. Именно таким помнит человечество Эрнеста Резерфорда.

ОСНОВНЫЕ ДАТЫ ИЗ ЖИЗНИ РЕЗЕРФОРДА

- 1894 год. Окончание Новозеландского университета.
- 1895 год. Начало работы в Кэвендишской лаборатории Кэмбриджского университета под руководством Джона Томсона.
- 1898 год. Переезд в Монреаль (Канада) на должность профессора физики Монреальского университета.
- 1899—1902
годы. Изучение свойств радиоактивных частиц.
- 1903 год. Разработка и завершение теории радиоактивного распада (совместно с Содди).
- 1907 год. Начало манчестерского периода жизни и деятельности.
- 1908 год. Изобретение счетчика радиоактивных частиц (совместно с Гейгером).
- 1911 год. Разработка атомной модели на основании опытов по рассеянию α -частиц.
- 1919 год. Переезд в Кэмбридж на должность профессора кафедры физики Кэмбриджского университета и директора Кэвендишской лаборатории.
- 1919 год. Открытие искусственного деления легких элементов.
- 1920 год. Предположение о существовании нейтронов и дейтронов.
- 1925 год. Избрание президентом Лондонского королевского общества.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Ленин. Материализм и эмпириокритицизм, ГИПЛ, 1938.
- Лазарев. Международный конгресс физхими в Париже „Научный работник“, 1929, № 3.
- Бутлеров. Антиматериализм в науке, 1884.
- Мысовский. Новые идеи в физике атомного ядра, 1935.
- Намиас. Ядерная энергия, освобождение и использование, перевод с французского, 1955.
- Капица. Воспоминание о профессоре Резерфорде, УФН, т. 19 вып. 1, 1938.
- Кудрявцев П. С. История физики, т. II, 1956.
- Резерфорд. Естественное и искусственное разложение элементов, УФН, т. 5, вып. 1, 1945.
- Резерфорд. Современная алхимия, УФН, т. 19, вып. 1, 1938.
- Резерфорд. Атомные ядра и их превращения, УФН, т. 8, вып. 1, 1928.
- Семат. Введение в атомную физику, 1948.
- Содди. Радиоактивные явления, 1908.
- Содди. Материя и энергия, 1913.
- Томсон. Электричество и материя, 1924.
- Чадвик. Нейтрон, 1934.
- Файнбойм. Эрнст Резерфорд, „Физика в школе“, 1938, № 2.
- Rutherford by those who knew him, Being the collection of the first five Rutherford lectures of the Physical Society, London, The physical Society, 1954.
- Rutherford: Life and work to the Year 1919, with Personal Reminiscences of the Manchester Period. By H. R. Robinson, F. R. S. The first Rutherford Memorial Lecture of the Physical Society; delivered 6 November 1942.
- Rutherford: Life and work after the Year 1919 with Personal Reminiscences of the Cambridge Period. By J. D. Cockcroft, F. R. S. Rutherford Memorial Lecture, By E. Marsden, 1948.

Lord Rutherford: Manchester, 1907—1919: a Partial Portrait. By
A. S. Russell.

The Rutherford Memorial, Nature, voll. 166, № 4231.

Rutherford E. Chadwick J. a Ellis C., Radiation from Radioactive
Substances, Cambridge, 1930.

Being the Life and Letters of the Rt. Hon. Lord Rutherford, O., M.,
By A. S. Eve. C. B. E., D. Sc. L. L. D. F. R. S. formerly Macdonald
Professor of Physics Mc. Gill University, 1939.

Thomson, Die korpuskulartheorie der Materie, 1908.

Chadwick, Possible Existence of a Neutron, 1932.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
Глава первая. <i>Детские и юношеские годы (1871—1897)</i>	6
Родина Резерфорда	—
Детские и юношеские годы	8
Кэвендишская лаборатория Д. Томсона	12
Глава вторая. <i>В Канаде (1898—1906)</i>	
Историческая обстановка	15
Открытие электрона	—
Обнаружение радиоактивного распада атомов	18
В Канаде	23
Глава третья. <i>В Англии (1907—1919)</i>	
Манчестерский период деятельности	31
Планетарная модель атома	35
Резерфорд и Бор	44
Открытие превращаемости атомов	52
Изучение ядерных сил	57
Научные предвидения Резерфорда	59
Глава четвертая. <i>Резерфорд и его школа</i>	
Личные качества	62
Резерфорд как руководитель научных исследований	65
Последние годы жизни	67
Школа Резерфорда	69
1. Определение Чадвиком заряда ядра	—
2. Правило смещения	71
3. Ускоритель Кокрофта и Уолтона	72
4. Открытие нейтрона	74
Основные даты	80
Литература	81

Людмила Петровна Кубис

ЭРНЕСТ РЕЗЕРФОРД

Редактор *В. М. Дуков.*

Художественный редактор *Б. М. Кисин.*

Технический редактор *А. Ф. Федотова.*

Корректор *Т. М. Графовская*

Сдано в набор 25/1 1958 г. Подписано к печати
19/VIII 1958 г. 84 × 108¹/₃₂ 5,25 + вкл. 0,12 (4,3) п. л.
Уч.-изд. л. 4,01 + вкл. 0,03. Тираж 15 000 экз.
Заказ № 5027. А 07386. Цена 1 р. 50 к.

Учпедгиз. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Типография издательства «Горьковская правда»,
г. Горький, ул. Фигнер, 32.

Цена 1 р. 50 к.

Д1
10836

ЧИТ. ЗА