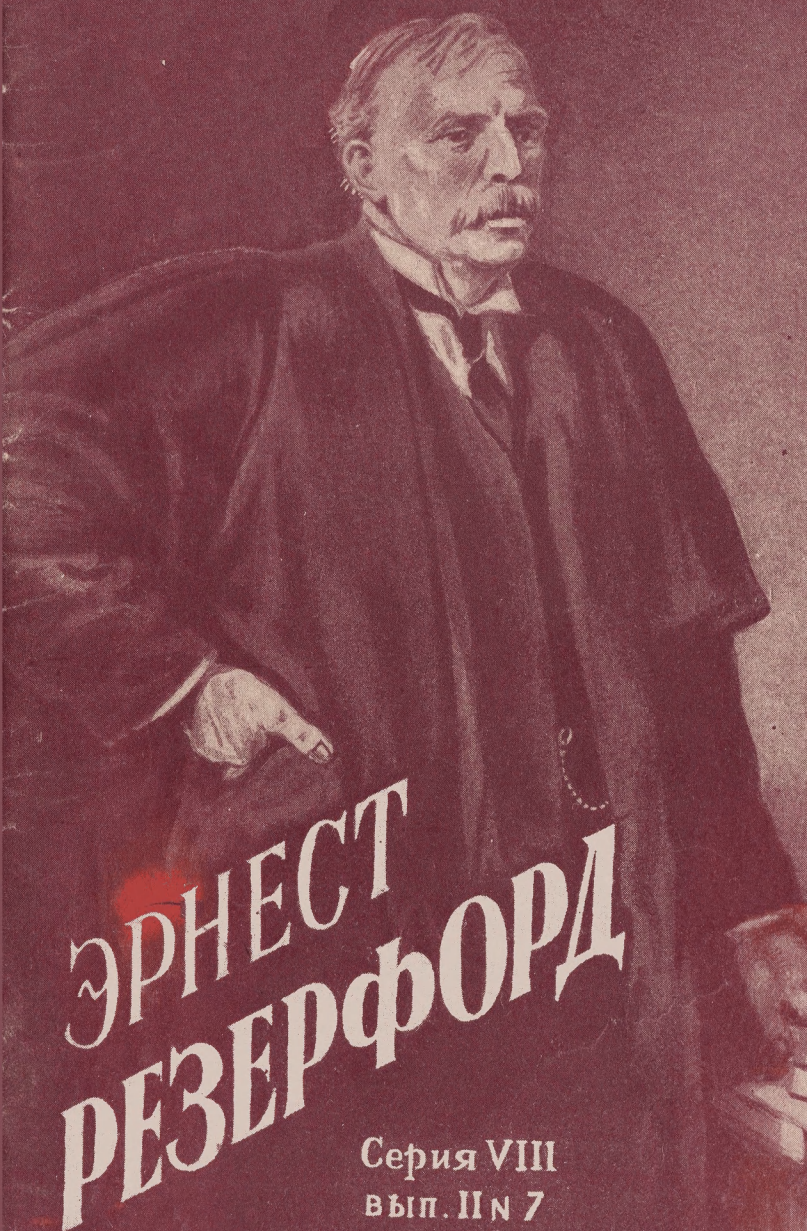


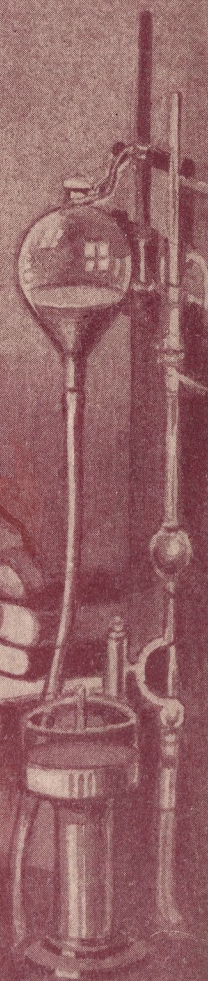
И. Б. Файнбойм



ЭРНЕСТ РЕЗЕРФОРД

Серия VIII
вып. II и 7

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
1958



ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

И. Б. ФАЙНБОЙМ

ЭРНЕСТ РЕЗЕРФОРД—
ЧЕЛОВЕК, ЗАГЛЯНУВШИЙ
В ГЛУБЬ АТОМА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва

1958

В брошюре рассказано о жизни и деятельности основателя ядерной физики Эрнеста Резерфорда.

Читатель знакомится с важнейшими экспериментальными открытиями Резерфорда, сделанными в первые три десятилетия нашего века. Эти открытия проложили пути для мирного использования атомной энергии.



Резерфорд, студент университета
(в возрасте 21 года).

ФАРАДЕЙ И РЕЗЕРФОРД

Резерфорда часто сравнивают с Фарадеем.

В начале XX века гениальные опыты Резерфорда привели к рождению принципиально новых представлений о свойствах и структуре вещества. За ними последовал бурный поток больших и малых открытий, охвативший многие страны мира. В результате интенсивного развития научных исследований в несколько десятилетий выросло грандиозное здание современной ядерной физики.

Подобно тому как великий Фарадей в середине XIX столетия дал ключ к пониманию электромагнитных явлений, Резерфорд раскрыл механизм другого не менее важного процесса, происходящего в природе.

Фарадей указал человечеству пути к веку электричества, а Резерфорд — к новому веку атомной энергии.

Оба ученых, деятельность которых разделялась полустолетием, были физиками-экспериментаторами. Они владели даром с помощью замечательных опытов находить сущность подмеченных ими явлений.

Резерфорд с необыкновенной проницательностью определял в своих исследованиях главное и отбрасывал незначительное, на поиски которого не стоило тратить времени.

Профессор Джон Бернал приводит следующую характеристику творческого метода Резерфорда:

«Резерфорд представляет собой выдающуюся фигуру в физике, да, вероятно, и во всей науке XX века. Вся его работа была от начала до конца пронизана простой суровостью идей и отчетливо материальным и механистическим подходом к объяснению физических явлений. В этом отношении он гораздо больше напоминал Фарадея, чем Ньютона. Резерфорд думал сначала об атомах, затем об открытых им субатомных частицах, как о совершенно обычных материальных частицах, подобных снарядам, теннисным мячам или бильiardным шарам. Подходя к ним под таким углом зрения, он собрал множество данных о том, как они движутся или отскакивают от препятствия. Иногда части эти вели себя не так, как он ожидал. Он принимал это новое открытие как факт и ассимилировал его, создавая новую воображаемую картину структуры, с которой имел дело. Так, шаг за шагом, он перешел от изучения неустойчивых радиоактивных атомов к открытию атомного ядра и общей теории атома».

Опыты давали Резерфорду возможность находить простые и ясные решения в таких сложных проблемах науки, как структура атома, и на основе многочисленных экспериментальных данных создавать смелые теоретические представления.

Позднее в различные периоды развития атомной физики опыт иногда уступал первое место теоретическим открытиям. Например, Резерфорд теоретически предсказал существование нейтрона задолго до того, как он был обнаружен экспериментально в Кэвендишской лаборатории его учеником Чадвиком.

В 1932 году японский физик Хидекеи Юкава предсказал существование нового, типа элементарных частиц, с массой промежуточной между массами протона и электрона, которые затем были открыты американским физиком Карлом Андерсоном и получили название мезонов.

Физики-теоретики предсказали существование античастиц: антипротона и антинейтрона. Они заставили экспериментаторов упорно искать эти таинственные частицы. И они были найдены. Опыты дали окончательный ответ на вопрос, действительно ли теоретические представления (в данном случае предсказанные частицы) соответствуют истинной картине физических явлений, имеющей место в ядре атома.

У истоков ядерной физики, когда в распоряжении ученых не было никаких фактов, позволяющих создать достоверную теоретическую картину строения атома и происходящих в нем процессов, экспериментальные открытия Резерфорда оказались основополагающими исходными точками для дальнейшего развития как теории, так и экспериментальных исследований.

Сравнивая научную деятельность Фарадея и Резерфорда, нельзя не обратить внимания и на глубокое различие между этими учеными. Оно может быть объяснено индивидуальными особенностями каждого, а также изменившимся характером научного прогресса.

Фарадей был гениальным физиком-одиночкой. У него не было сотрудников или учеников. В истории науки известны многие великие одиночки.

Физика как самостоятельная наука родилась в XIX веке и в начале своего пути обходилась трудами и открытиями одаренных исследователей-одиночек. Так не могло продолжаться в XX веке.

Научная деятельность Резерфорда протекает в годы удивительного расцвета физики. Одно за другим рождаются в разных странах революционные физические открытия. Они необычайно расширяют горизонты науки, в свою очередь вызывая к жизни новые сложные проблемы. Быстро усложняются физические исследования, и это вызывает необходимость в координированных коллективных действиях ученых.

Резерфорд прекрасно понял роль в науке объединения квалифицированных, хорошо подготовленных исследователей. Вероятно поэтому он окружил себя многочисленными сотрудниками и учениками, постоянно заботился о расширении и улучшении университетских лабораторий.

Коллективная работа в лаборатории позволяла Резерфорду выполнять в короткие сроки задуманные исследования, результаты которых он всегда ждал с величайшим нетерпением. Ученый заботился и о продолжении своих работ молодым поколением.

Несколько десятилетий назад Резерфорд в известной мере предвосхитил современные методы научно-исследовательской работы в области ядерной физики, ведущиеся теперь в огромных научных институтах с многочисленным штатом сотрудников.

Современное развитие физики ядра представляется одним из величайших достижений человеческой мысли и мировой цивилизации. Наблюдая грандиозный прогресс в этой области науки, нельзя забывать, что он неразрывно связан с деятельностью Резерфорда — одного из самых замечательных физиков нашего века.

ЖИЗНЬ В НОВОЙ ЗЕЛАНДИИ

Дед ученого, колесный мастер из портового городка в Шотландии, Джордж Резерфорд, в 1842 году навсегда покинул родину. Взяв жену и трехлетнего сына, он пустился в дальнее плавание на парусном судне «Фиби Данбар» к берегам Новой Зеландии. Призрачный остров, затерянный в Тихом океане, за тысячи миль от Британии, казался многим шотландским эмигрантам — пассажирам старого скрипучего парусника обетованной землей.

Через шесть с половиной месяцев парусник вошел, наконец, в бухту Южного острова Новой Зеландии. Пассажиры поразили заросли ярко-зеленого папоротника, сплошь тянувшиеся по берегу. Они сразу поняли, что отвоевывать землю у этих фантастических зарослей будет нелегко.

Сын Джорджа Резерфорда, Джеймс, унаследовал занятия отца, но на островах не нужны были колесные мастера и он стал механиком и фермером-льноводом.

Джеймс женился на шотландской эмигрантке Марте Нельсон — одной из первых учительниц на островах. После свадьбы они построили для себя домик среди папоротников в живописной местности Брайтуотер («Широкие воды»). Здесь 30 августа 1871 года и родился Эрнест Резерфорд.

В Брайтуотере отец ученого на небольшом участке возделывал лен. Эрнест, возможно, унаследовал бы эту сельскую профессию и впоследствии стал фермером. Но, как и Фарадей, «изменивший» ремеслу кузнеца, Резерфорд круто свернул с пути своего отца и деда. Он не стал ни колесным мастером, ни фермером.

Когда пришло время, мальчика отдали в начальную школу. Семье пришлось несколько раз переезжать с места на место. Соответственно менялась и школа. Он окончил ее в Хэйвлоке с рекордным числом баллов — 580 из 600 возможных — и получил премию в 50 фунтов для продолжения образования. В том же году юношу приняли в 5-й класс средней школы — Нельсоновского колледжа. Вскоре учителя обратили внимание на его исключительную способность к математике, которую они отметили записью в школьном дневнике: «Очень быстро соображающий и многообещающий математик, легко завоевывающий первенство».

Легко давались Эрнесту и естественные и гуманитарные

науки. Почти во всех классах он получал награды и премии по математике, химии, физике, английской литературе, латинскому и французскому языкам.

Помимо занятий, школьник очень интересовался устройством различных машин и механизмов, любил разбирать часы, но не всегда ему удавалось их собрать и привести в действие. С большим увлечением Эрнест строил модели водяных мельниц, уподобляясь юному Ньютону. Это увлечение, по-видимому, объяснялось тем, что отец брал с собой сына на строительство водяных мельниц. В те годы они быстро распространялись на Новой Зеландии, изобилующей реками, озерами и водопадами.

По окончании Нельсоновского колледжа Резерфорд был принят в Кентерберийский университет (колледж), незадолго до этого основанный в городе Крайстчерче. В этом высшем учебном заведении, насчитывавшем в те годы всего 150 студентов и семь профессоров, будущий ученый уже серьезно заинтересовался точными и естественными науками.

Преподаватели Кентерберийского колледжа очень отличались между собой по подготовке, взглядам и педагогическим методам. Например, профессор Бикертон пользовался репутацией «инакомыслящего»: его идеи и высказывания отличались большой оригинальностью и часто шли вразрез с научными теориями того времени. Наоборот, профессор Кук придерживался консервативных взглядов в математике. Несмотря на это, он блестяще преподавал свой предмет и воспитывал любовь к нему у своих студентов.

Куку Резерфорд и обязан основательными математическими знаниями. Они помогали ему трезво оценивать идеи Бикертон в физике и химии, подчас фантастические. В то же время смелые взгляды Бикертон позволяли молодому человеку критически относиться к консерватизму и схоластике в лекциях Кука.

В Кентерберийском колледже Резерфорд увлекался различными дискуссиями. Будучи разносторонне развитым, он мог несколько часов подряд обсуждать вопросы физики, техники, литературы и искусства, древнегреческой мифологии или алхимии. Среди студентов нашлись и другие любители поспорить. В 1891 году было решено организовать научное студенческое общество. Оно ставило своей целью вовлечь студентов в дискуссии по различным вопросам науки и общественной жизни. Каждому студенту предоставлялось право выступить с сообщением на любую тему.

Резерфорд учился тогда на втором курсе. На первом же заседании общества он выступил с докладом, название которого в то время казалось более чем странным — «Эволюция элементов». Резерфорд высказал мысль о том, что все атомы представляют собой сложные образования, состоящие из од-

них и тех же элементарных частиц. В те годы подобное предположение естественно не имело прочных оснований и поэтому многим могло показаться чистой фантазией.

У него не было никаких оснований сделать такое предположение. Гипотеза, выдвинутая английским ученым Проутом, об образовании атомов всех элементов из атомов водорода, которая могла возбудить идеи о взаимном родстве всех атомов, считалась окончательно опровергнутой. Студенты редко слышали о ней. Радиоактивность была открыта лишь спустя пять лет, в 1896 году. В те времена атомистическая теория Джона Дальтона приобрела огромную непоколебимую силу. Никогда ученые не говорили более уверенно о неделимости атома, чем в конце прошлого века.

Оригинальное высказывание Резерфорда показалось слушателям лишенным всякого смысла. Некоторые молодые люди выразили уверенность в их абсурдности.

Но если доклад Резерфорда был как бы фантастическим полетом в далекое и тогда никому не ведомое будущее, то вполне реальным явились некоторые исследования, выполненные им в колледже.

Резерфорда очень заинтересовало открытие немецкого физика Генриха Герца, подтвердившего правильность теории Максвелла, и он решил заняться экспериментальным изучением электромагнитных волн (волн Герца). Пришлось все свободное время проводить в маленьком холодном сарае с цементным полом, служившем студентам лабораторией. Это помещение называли «пещерой» или «берлогой». Он построил осциллятор Герца и после серии опытов показал, что электромагнитные волны при возбуждении их переменным током высокой частоты вызывают быстрое размагничивание стальной проволоки. В этих опытах двадцатитрехлетний Резерфорд впервые проявил экспериментальное искусство. С помощью собственноручно изготовленных приборов ему удалось измерить явления размагничивания, протекающие менее чем в одну стотысячную долю секунды.

Затем Резерфорд построил детектор для электромагнитных волн (когерер), который впоследствии взял с собой в Кембридж. По пути в Англию он демонстрировал его известному физiku В. Бреггу, работавшему тогда в Австралии. В. Брегг высоко оценил прибор. Вскоре после приезда в Кембридж Резерфорд с помощью своего детектора осуществил радиосвязь на расстоянии более двух километров.

Все эти работы начинающего исследователя имели большое значение для развития радиотелеграфии, созданной трудами Попова, Маркони и других ученых. Между прочим Резерфорд познакомил Маркони с устройством своего когерера, и итальянский инженер занялся его усовершенствованием.

Радиотелеграфия была очень далека от той области, кото-

рой Резерфорд посвятил свою научную деятельность. Однако и здесь его успехи были настолько значительны, что впоследствии дали основание знаменитому английскому физiku Джозефу Томсону сказать следующее:

«Профессор Резерфорд никогда не получал похвалы, которую он мог бы получить за свои работы по радиотелеграфии, выполненные в 1895 году в Кембридже. Его успехи были так велики, что я с тех пор чувствовал себя виновным в том, что убедил его посвятить себя новой области физики, возникшей после открытия рентгеновских лучей...»

Первая экспериментальная работа Резерфорда, выполненная в «пещере», была опубликована и произвела большое впечатление на преподавателей и студентов колледжа.

Резерфорд окончил Кентерберийский колледж, и впервые перед ним возникла серьезная жизненная проблема: что делать дальше?

Представилась возможность поступить преподавателем физики в хайскул (среднюю школу) в Крайстчерче, и Резерфорд, хотя не испытывал влечения к педагогической работе, но воспользовался ею.

Деятельность школьного учителя кончилась для Резерфорда неудачей. Это было главным образом результатом... слишком сильного увлечения физикой. Рассказывая ученикам о новых открытиях по магнетизму и электричеству, Резерфорд забывал о подготовке своих слушателей, и объяснения часто оказывались непонятными. Это порождало в классе шум и беспорядок, которых не замечал учитель. Иногда Резерфорд выставлял самого шумного ученика из класса, требуя принести журнал, чтобы поставить провинившемуся единицу за поведение. Но ученики быстро научились злоупотреблять добротой и забывчивостью учителя. Они знали, что бояться его не следует. Как только учитель вновь увлечется собственным рассказом, можно будет незаметно проскользнуть обратно в класс без журнала и избежать наказания.

Может показаться странным, что Резерфорд, создавший впоследствии одну из крупнейших в мире научных школ, воспитатель обширной плеяды физиков, в том числе и многих выдающихся ученых, не мог совладать с мальчиками и девочками, сидевшими за партами в крайстчерчской школе.

В дальнейшем судьба благоприятно сложилась для молодого Резерфорда. Вспомним, что благодаря блестящим способностям он по окончании начальной школы получил премию, достаточную для оплаты обучения в средней школе. Точно так же после завершения курса средней школы он получил премию, позволившую ему учиться в университете. По окончании Кентерберийского колледжа Резерфорду была присуждена «премия 1851 года». Эта крупная премия была соз-

дана из части доходов Всемирной выставки в Лондоне 1851 года. Ее присуждали наиболее талантливым выпускникам провинциальных высших учебных заведений с целью дать им возможность проходить двух- или трехлетнюю стажировку в лучших университетах Англии.

Резерфорд узнал о присуждении ему премии спустя несколько месяцев после поступления на должность школьного учителя. Эту радостную весть мать сообщила ему, когда он копал картошку на огороде. Резерфорд, рассмеявшись, бросил лопату и воскликнул: «Это последняя картошка, которую я выкапываю!».

Резерфорд избрал для себя Кембриджский университет.

Теперь ему предстояло проделать такое же далекое путешествие, какое более полувека назад совершил его дед. Но Джордж Резерфорд плыл от Британских островов к берегам Новой Зеландии на маленьком паруснике «Фиби Данбар», а его внук Эрнест совершит поездку на большом океанском пароходе, команда которого даже не знает, как обращаться с парусами.

Резерфорда провожали в путь родители, многие друзья и даже соседи с улицы. Конечно, более всех его отъездом опечалена скромная студентка Кентерберийского колледжа Мэри Ньютон. Через пять лет она станет женой Резерфорда.

РАСПАД ВЕЩЕСТВА

Директор Кэвендишской лаборатории в Кембридже, крупнейший английский физик Джозеф Томсон, принял к себе Резерфорда и нескольких других молодых людей, прибывших для стажировки в Англию. Одновременно с Резерфордом в Кембридж приехал из Франции Поль Ланжевен, впоследствии знаменитый ученый, друг Советского Союза. Резерфорд и Ланжевен долгое время работали в одной комнате и с тех пор дружили всю жизнь.

Кэвендишская лаборатория Кембриджского университета пользовалась большой известностью среди ученых. Она была прославлена научными работами двух ее выдающихся директоров — английских физиков Джемса Клерка Максвелла (1874—1879) и лорда Рэлея (Джона Уильяма Стретта, 1879—1884). Джозеф Томсон руководил лабораторией с 1884 года.

Приезд Резерфорда как раз совпал с задуманным Томсоном мощным «наступлением» на некоторые новые и малоисследованные проблемы физики: электромагнитные волны, электрические разряды в газах, рентгеновы лучи (открытые в 1895 году). Ему нужны были помощники, и он охотно принимал к себе молодых людей с университетским образованием, имеющих склонность к научным исследованиям.

Первые работы Резерфорда в Кэвендишской лаборатории были продолжением его студенческих исследований. Он сконструировал детектор и осуществил радиосвязь на значительном расстоянии. Однако практическая сторона этого дела его не интересовала. Поэтому он принял предложение Томсона заняться вместе с ним исследованиями явлений ионизации газов. Томсон очень увлекался этой новой для того времени проблемой. Он считал, что ее решение поможет пролить свет на природу электричества и атомов.

В те годы мир был потрясен замечательным открытием, сделанным дотоле никому не известным профессором провинциального университета в Вюрцбурге (Германия) Вильгельмом Конрадом Рентгеном. Печать всех стран в тоне небывалой сенсации описывала чудесные икс-лучи. Острые карикатуры давали понять, что произойдет, когда икс-лучи широко распространятся и даже интимная жизнь за толстыми стенами домов станет доступной для наблюдателя.

Никто еще не предполагал, что изучение рентгеновых лучей приведет к другому открытию, которое совершит революцию в науке и поднимет человечество на новую величайшую ступень развития.

Резерфорд начал изучать вместе с Томсоном электрические разряды в трубках, наполненных благородными газами, а затем явление ионизации воздуха рентгеновыми лучами. Начиная с 1896 года в печати появлялись статьи на эту тему, написанные совместно Томсоном и Резерфордом.

К этому времени Джозеф Томсон на основе многолетних опытов пришел к мысли о существовании электронов — мельчайших отрицательно заряженных электрических частиц, входящих в состав атома. Он также высказал мнение, что атом представляет собой сверхминиатюрную сферу диаметром 10^{-8} см с равномерно распределенным на ней положительным зарядом и вкрапленными в нее отрицательно заряженными электронами.

Это представление об атоме было спустя несколько лет опровергнуто Резерфордом, создавшим нуклеарную (ядерную) модель атома.

Проводя опыты с рентгеновыми лучами, Резерфорд, как и многие другие ученые в различных странах, был глубоко заинтересован этим исключительно интересным и многообещающим явлением.

Профессор Парижской политехнической школы Анри Беккерель также занялся рентгеновыми лучами, хотя это и не входило в круг разрабатывавшихся им проблем. Его важное открытие было результатом целой цепи ошибок, совершенных при исследовании свойств рентгеновых лучей, которые он так и не исследовал.

У Беккереля возник вопрос, не связаны ли рентгеновы

лучи с явлением фосфоресценции стекла, из которого изготовлены рентгеновские трубки. Сейчас такой вопрос может вызвать лишь улыбку: каждый школьник старших классов ответит на него отрицательно. Но французский ученый не мог найти ответа и начал серию исследований. Фосфоресценцией называют свойство некоторых тел поглощать свет и в темноте испускать его. В конце прошлого века были уже известны многие вещества, обладающие фосфоресценцией, например некоторые минералы.

Профессор Беккерель решил проверить, не испускают ли фосфоресцирующие вещества лучи, подобные рентгеновым. В его лаборатории находилась богатейшая коллекция таких веществ.

По счастливой случайности ученый выбрал для своих первых опытов соли урана, фосфоресцирующие красивым желто-зеленым цветом. Это ускорило открытие.

Ход мыслей Беккереля был примерно таким. Допустим, что при фосфоресценции соль урана испускает лучи с большой проникающей способностью, сходные с рентгеновыми. Следовательно, если эта соль фосфоресцирует вблизи фотографической пластинки, обернутой черной бумагой, не проникаемой для видимого света, то невидимые лучи, пройдя через черную бумагу, засветят пластинку. Ученый обернул пластинку несколькими листами черной бумаги и положил на нее кусочек фосфоресцирующей урановой соли. Теперь необходимо было подвергнуть соль действию какого-либо яркого освещения, чтобы вызвать фосфоресценцию. Профессор выставил завернутую пластинку с солью на окно. В этот день, несмотря на зимнее время, солнце ярко светило над Парижем...

В конце февраля 1896 года Анри Беккерель сообщил на заседании Французской академии наук, что его опыты увенчались успехом. Это была ошибка, и профессору следовало бы сказать: «Не увенчались успехом». Но опыт ввел его в заблуждение. Проявляя пластинку после того, как помещенный на ней кусочек фосфоресцирующей соли урана в течение нескольких часов подвергался сильному освещению, а затем находился в темноте, исследователь обнаружил, что пластинка засвечена. Казалось ясным, что через не проницаемую для света черную бумагу прошли невидимые лучи, вызванные фосфоресценцией.

Но вот произошел такой случай. День был не солнечный, а пасмурный, и поэтому пластинки с фосфоресцирующей солью не выставили на окно. Их спрятали вместе с урановой солью в лабораторный шкаф. Здесь они находились несколько дней. По ошибке лаборант одну из них проявил. К большому удивлению Беккереля, на проявленной пластинке оказался четкий отпечаток кристаллов соли урана. Счаст-

ливая ошибка заставила ученого усомниться в роли фосфоресценции. Ведь кристаллы не были освещены, а хранились вместе с пластинками в темном шкафу.

Профессор Беккерель был выдающимся экспериментатором, и этот случай заставил его с удвоенной энергией продолжать опыты. Теперь он уже стремился доказать, что при фосфоресценции не образуются проникающие лучи, сходные с рентгеновыми. Он начал экспериментировать с нефосфоресцирующими солями урана и обнаружил, что они также обладают свойством засвечивать фотопластинку.

Так было открыто явление, позднее названное супругами Кюри радиоактивностью.

Опыты Анри Беккереля оказались прелюдией к удивительной судьбе урана — последнего элемента в таблице Менделеева. В те времена уран (металлический или в виде солей) считался малочисленным веществом. Его очень редко применяли даже в практике химических лабораторий. Ныне это важнейший делящийся материал в технике нового атомного века.

Резерфорд весьма заинтересовался «лучами Беккереля»; и это замечательное физическое явление, послужившее началом «первичной науки», которая, по словам Фредерика Содди, «не подчинена ни физике, ни химии, как эти науки понимались до появления радиоактивности», определило весь дальнейший путь его научной деятельности. Резерфорд дал гениальное объяснение сущности этого процесса.

Академик П. Л. Капица недавно писал:

«После того, как в 1896 году Беккерель открыл явление радиоактивности, в продолжение ряда лет накоплялся богатейший опытный материал по изучению физических явлений, связанных с радиоактивным свойством вещества. Во всем этом разнородности опытного материала не имелось порядка, поскольку сущность самого явления радиоактивности не была понята. Резерфорд первый нашел, что физические явления, связанные с радиоактивностью, сразу же объясняются, если предположить, что радиоактивность является процессом распада материи».

Нужно было обладать исключительно большим воображением и смелостью, чтобы предположить возможность распада материи, атомов, неделимость которых, как казалось тогда, была доказана окончательно и неопровержимо.

Вывод, что радиоактивность представляет собой процесс самопроизвольного (спонтанного) распада атомов некоторых элементов, однако, был сделан Резерфордом после нескольких лет работы.

Резерфорд говорил, что его вступление в область радиоактивности было естественным продолжением исследований ионизирующих действий рентгеновых лучей, проведенных совместно с Томсоном.

После открытия, сделанного Беккерелем, у Резерфорда возникла идея заняться экспериментальным сравнением рентгеновых и «беккерелевых» лучей. Эти опыты заняли почти целый год. Как возникла эта работа? Вскоре после открытия лучей с большой проникающей способностью Беккерель высказал предположение, что, в отличие от рентгеновых, новые лучи по своим свойствам сходны со световыми: они отражаются, преломляются и поляризуются. Но он не доказал этого экспериментально.

Идея Резерфорда с помощью опытов сравнить рентгенозы и беккерелевы лучи была большим счастьем для науки. В результате этих исследований человечество узнало удивительную альфа-частицу — первую вестницу из недр вещества. Появление на арене науки альфа-частицы сильно поколебало взгляды о неделимости атомов.

В Кэвэндишской лаборатории Резерфорд, поместив радиоактивный источник в магнитное поле, показал, что уран испускает два вида излучения, которые он назвал альфа- и бета-лучами. Так началось изучение им сложной «биографии» альфа-частицы и других элементарных частиц. Вскоре был открыт и третий вид радиоактивного излучения — гамма-лучи.

Быстро пролетели три года в Кембридже. В этот период молодой Резерфорд выполнил очень важные работы, доставившие ему довольно широкую известность среди физиков. Поэтому никого не удивило, что двадцатилетний новозеландец получил приглашение занять должность профессора кафедры физики в Макгиллском университете в Монреале.

РАДИОАКТИВНОСТЬ И ЧАСТИЦЫ

Когда Резерфорд на океанском пароходе пересекал Атлантику, направляясь из Англии в Канаду, во Франции, во дворе Парижской школы прикладных наук, родилось новое великое открытие.

Молодая полька Мария Склодовская заинтересовалась загадочными урановыми лучами и избрала их темой своей диссертации. Почти одновременно с Резерфордом она стала их изучать. Но двое молодых ученых — новозеландец и полька шли разными путями.

Резерфорд с помощью остроумных опытов сравнивал беккерелевы лучи с рентгеновыми. Мария Склодовская исследовала множество различных минералов. Она хотела выяснить, что же является источником загадочных урановых лучей.

Опыты Марии Склодовской продолжались много месяцев. Сии требовали большого труда и упорства, граничащего с фа-

натизмом. Были изучены все известные минералы и наконец обнаружено, что некоторые из них обладают гораздо более мощным излучением, чем соли урана, которыми пользовался Беккерель. Но это еще не было великим открытием. Оно родилось в тот момент, когда Марию Склодовскую осенила смелая, гениальная мысль. Источником излучения является новый, неизвестный до сих пор и очень странный элемент!

Польская исследовательница была настолько глубоко убеждена в правильности своего предположения, что немедленно вместе со своим мужем Пьером Кюри приступила к выделению нового элемента.

Супруги Кюри продолжали опыты в непригодном помещении, где зимой температура не поднималась выше 6 градусов и не было даже водопровода. Они работали по 18 часов в сутки.

Ученые исследовали отходы урановой смоляной руды (смолки), которую им посчастливилось получить из города Иоахимстала в тогдашней Австро-Венгрии (теперь на территории Чехословакии). Урановая смолка использовалась при производстве знаменитого декоративного богемского стекла, а отходы ее выбрасывались.

В 1898 году в этих отходах супруги Кюри открыли радий и полоний — новые радиоактивные элементы. Эта сенсация быстро перенеслась через океанские просторы и достигла провинциального городка Монреаля.

Мария Склодовская и Пьер Кюри продолжали свою работу. Их целью было выделить радиоактивные элементы, хотя бы в очень малых, но все же вполне ощутимых количествах.

Понадобилось четыре года, чтобы неутомимые ученые получили первый в мире дециграмм чистого хлористого радия. Эта крупинка драгоценного элемента была получена в результате химической обработки 8 тонн отходов урановой смоляной руды. Стоимость дециграмма радия составляла 75 000 франков¹.

Супруги Кюри во время этой необычайно тяжелой работы, проводившейся примитивно даже для того времени ввиду скудости средств и оборудования, еще не знали об опасности радиоактивных излучений. Впоследствии эти излучения явились причиной смерти Марии Кюри в 1934 году, после многолетней работы в Радиевом институте в Париже. В лабораториях института сотрудников постоянно подстерегала опасность, так как в то время не было еще надежных средств защиты от радиации. Но исследовательница не обращала на нее никакого внимания.

Великое открытие Марии Склодовской и Пьера Кюри по-

¹ Имеются в виду золотые франки по курсу того времени: 5 франков=1 доллар.

служило отправной точкой для замечательных исследований Резерфорда. Новозеландский физик первый объяснил сущность радиоактивности, а позднее вместе со своим учеником Фредериком Содди развил современную теорию радиоактивного распада.

Резерфорд создал теорию радиоактивности в результате десяти лет упорной работы в Монреале.

В те годы Канада находилась вдали от известных научных центров. В ней насчитывалось очень мало научных учреждений и высших учебных заведений. Ученых здесь было также немного. Научная литература часто не доходила сюда, в глушь, в малонаселенные города. Канадские физики испытывали трудности, которых не знали, например, в Кембридже или в Париже.

Провинциальный Макгиллский университет в Монреале, где начал работать Резерфорд, был мало приспособлен для исследовательской работы, и его физическая лаборатория многим обязана энергичной деятельности молодого профессора. В университетской лаборатории Резерфорд провел тысячи опытов по радиоактивности. И поныне в некоторых комнатах «Физического здания», где работал великий ученый, нельзя производить опыты со счетчиком Гейгера, так как после его бесчисленных экспериментов стены сохранили повышенную радиоактивность.

Макгиллский университет — один из старейших в Канаде — явился ареной величайшей битвы человека с природой, в результате которой была одержана крупнейшая победа над материей и создан фундамент современной науки об атоме и атомном ядре.

Выдающаяся роль этого скромного учебного заведения в истории физики XX столетия дает основание коснуться его истории.

Первые шотландские смельчаки отправились в Америку искать счастья еще в XVIII веке. Одному из них, батраку Макгиллу, удалось обосноваться в суровой малонаселенной Канаде. У него было железное здоровье, крепкие крестьянские руки и коммерческая жилка. Он занялся охотой и торговлей мехами. Эскимосы и жители канадской тундры продавали драгоценную пушнину за дешевый спирт, дробь и безделушки. Через двадцать лет, проведенных в постоянных опасностях и лишениях, Макгилл разбогател, но вскоре умер. Совершенно неграмотный шотландский крестьянин завещал 40 тысяч фунтов на создание колледжа в Монреале. На эту сумму в начале XIX века и было построено небольшое здание Макгиллского колледжа. В дальнейшем к нему присоединились и другие колледжи, основанные на частных пожертвования. Постепенно создавался Макгиллский университет. Через 80 лет после основания колледжа другой шотландец,

Уильям Макдональд, пожертвовал ему 4 миллиона долларов. На эти деньги была создана кафедра физики и построено для нее новое здание.

Резерфорд занял в Макгиллском университете «исследовательскую кафедру», носившую имя ее основателя Макдональда.

Здесь Резерфорд сразу приступил к исследованию радиоактивности. Опыты с торием и радием привели его к открытию эманации тория и радия — первых известных радиоактивных газов. Затем он изучил химическую природу эманации и доказал, что она относится к благородным газам.

Исследования свойств эманации, в которых участвовал ученик Резерфорда Фредерик Содди, имели большое значение для создания теории радиоактивного распада, выдвинутой Резерфордом в 1903 году.

Резерфорд показал, что в процессе такого распада атомы радиоактивных элементов превращаются в новые атомы, отличные от первых по своим химическим и физическим свойствам. Испускаемые при этом альфа- и бета-излучения представляют собой потоки частиц из недр разрушающихся атомов. Они позволяют измерить скорость радиоактивного распада вещества.

Исследования Резерфорда в области радиоактивности были поразительно исчерпывающими. Ученый показал, что на ход естественного радиоактивного распада нельзя влиять никакими средствами. Он составил «генеалогии» радиоактивных превращений и дал подробнейшую «биографию» альфа-частицы. Он определил скорость альфа-частиц, энергию, массу и электрический заряд, используя изобретенную им же методику отклонения потока радиоактивных частиц на определенную измеряемую величину с помощью магнитных или электрических полей.

В этой серии опытов Резерфорд вместе с Содди сделал одно из важнейших открытий. Он предположил, что альфа-частицы представляют собой заряженные атомы гелия. Позднее Резерфорд доказал это с помощью удивительно простого опыта.

Теория радиоактивности, разработанная Резерфордом, отличалась исчерпывающей полнотой, и в последующие годы многочисленные работы в этой области, выполненные в различных странах, почти ничего существенного к ней не прибавили.

В течение восьми лет Резерфорд и Содди опубликовали 50 научных сообщений. Они послужили основой для созданного ими позднее обширного труда по теории радиоактивности, который стал классическим. Этот труд многократно переиздавался на многих языках, и на нем воспитывалось несколько поколений физиков. Интересно отметить в виде при-

мера, что обсуждение книги Резерфорда в Римском университете дало толчок крупным экспериментальным работам знаменитого итальянского ученого в области ядерной физики Энрико Ферми¹.

Резерфорду пришлось отстаивать свою теорию радиоактивного распада от нападок, которым она подвергалась даже со стороны ряда крупных ученых. Слишком уж смелым было утверждение, что атомы могут распадаться. Среди идейных противников Резерфорда был даже великий английский физик Вильям Томсон (лорд Кельвин). До самой смерти (1907 год) старый Кельвин не мог примириться с утверждением, что радиоактивность есть распад атомов, и продолжал считать атомы неделимыми частицами материи.

После первых двух лет работы в Канаде Резерфорду предоставили летний отпуск. Он выехал на Новую Зеландию, чтобы повидаться с родителями и жениться на той самой девушке, которая несколько лет назад с грустью провожала его в первую поездку в Англию. Осенью Резерфорд вернулся вместе с Мэри Ньютон в Монреаль. Молодожены поселились в маленьком домике, снятом за умеренную плату.

Работы, выполненные в Канаде, доставили Резерфорду всемирное признание. В 1903 году его избрали членом Королевского общества (Британская академия наук), а спустя два года ему была присуждена высокая научная награда — медаль Румфорда.

Сотни ученых во всех странах внимательно следили за работами Резерфорда и становились его приверженцами. Они понимали, а может быть, чувствовали, что развитие этих работ принесет человечеству совершенно новые и чрезвычайно важные сведения о физических явлениях. Среди его приверженцев был и Артур Шустер, заведовавший кафедрой физики в Манчестерском университете. У него возникла мысль пригласить Резерфорда в Манчестерский университет. Он понимал, что знаменитому физику трудно будет расстаться со своей лабораторией в Макгиллском университете, которую он сам создал и приспособил для исследований в области радиоактивности. Поэтому Шустер прежде всего построил в Манчестерском университете хорошо оборудованную для того времени физическую лабораторию, помещавшуюся в отдельном здании. После этого совет университета объявил свое официальное решение об избрании Резерфорда профессором кафедры физики. В XIX веке этой кафедрой руководили великие ученые Джон Дальтон и Джеймс Прескотт Джоуль.

¹ Об этом свидетельствует профессор Бруно Понтекорво в воспоминаниях о своем учителе Энрико Ферми. Успехи физических наук, т. VII, вып. 3, ноябрь 1955 г.

В мае 1907 года Резерфорд на пароходе «Императрица Ирландии» прибыл в Англию. С ним была жена и шестилетняя дочь Эйлен.

После провинциального Монреаля Манчестер — крупный промышленный город, показался ему слишком шумным. Утром и вечером улицы заполнялись людьми, торопившимися на фабрики, в конторы или возвращавшимися после работы домой. Угрюмые кирпичные здания знаменитых текстильных фабрик не изменили своего облика чуть ли не со времени изобретения первого ткацкого станка.

У Резерфорда некоторое время работал известный московский физико-химик, профессор Н. А. Шилов. Первые впечатления о Манчестере он писал в довольно мрачных тонах: «...черный от копоти и смрада; скучный, грязный и шумный в деловом квартале и только несколько более уютный на окраинах. Туда бегут жители и там они живут в узких двухэтажных домиках, как две капли похожих друг на друга, вплотную примыкающих друг к другу, по одной квартире в каждом, с маленькими палисадниками по фасаду. Жилые кварталы отделены от центра города более или менее обширными парками с чахлыми, закопченными деревьями. Это, впрочем, мало помогает: и здесь чувствуется близость Манчестера. С непривычки трудно дышать, постоянно першит в горле, а в воздухе висит черный дым, заслоняющий солнце даже в те редкие дни, когда оно выглядывает из-за сплошных тяжелых туч».

Резерфорд поселился на окраине в одном из таких двухэтажных домиков с маленьким палисадником и широким окном по фасаду.

Ученого радушно встретили в Манчестерском университете, и скоро, завоевав любовь студенческой молодежи, он стал одним из популярных профессоров.

В те годы это высшее учебное заведение было одним из самых молодых в Англии, но оно уже пользовалось высокой репутацией. Университет вырос из Оуэновского колледжа, основанного еще в 1845 году на частные пожертвования. Вначале он был в числе трех отделений университета Виктории (два других находились в Ливерпуле и Лидсе).

Лишь в 1903 году, то есть за несколько лет до приезда Резерфорда, Оуэновский колледж стал самостоятельным учебным заведением и научным центром.

Несмотря на старания Артура Шустера, новая физическая лаборатория была хуже приспособлена для исследований радиоактивности, чем макгиллская. Резерфорду предстояло самому позаботиться о создании приборов и аппаратуры, а главное достать радий.

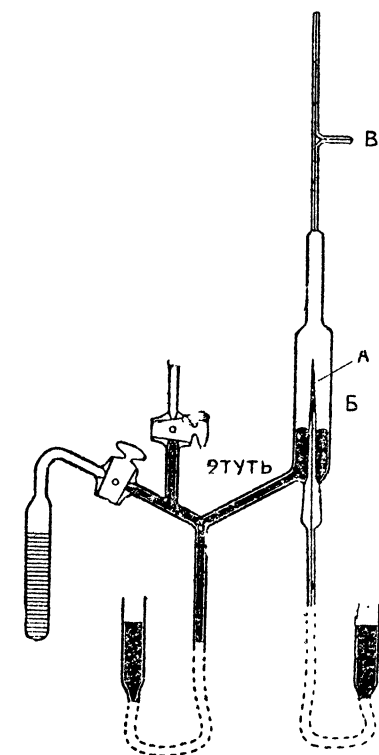
Недостаток радиоактивных материалов представлял

серьезнейшую угрозу для экспериментальной работы Резерфорда. Правда, вскоре Венская академия наук предоставила некоторое количество радия для совместного использования Резерфордом и Рамсеем. Это было очень неудобно, так как радий находился в распоряжении Рамсея в университетском колледже в Лондоне.

Вопрос был решен в 1908 году после того, как та же Венская академия наук предоставила 450 миллиграммов радия специально для лаборатории Резерфорда.

Получение этого «большого» запаса радия вызвало необходимость решить сложные задачи его хранения и использования. Резерфорду даже пришлось убедить своего друга, профессора Б. Болтвуда, специально приехать в Манчестер и поработать год в университете. Болтвуд был одним из пионеров современной радиохимии. Вдвоем они предприняли необходимые меры. Радий был растворен, и ученые разработали очень простое, но эффективное устройство для его обезвреживания и очистки эманации от примесей.

В Манчестере Резерфорд встретил молодого немецкого ученого Ганса Гейгера и талант-



Опыт, доказывающий, что альфа-частицы—это атомы гелия.

ливого лаборанта Уильяма Кэя, сыгравших большую роль в развитии работ по ядерной физике. В дальнейшем Резерфорд привлек в свою лабораторию еще многих молодых ученых. Он увлек их проблемами радиоактивности.

Резерфорд продолжал изучать альфа-частицы. Ему нужно было доказать, что эти частицы представляют собой атомы гелия. В Канаде он измерил скорости альфа-частиц и установил, что альфа-излучение представляет собой поток заряженных частиц с массой большей, чем у водорода. Эти опыты позволили ему предположить, что здесь имеют место дважды ионизированные атомы гелия.

В Манчестере Резерфорд в течение двух лет разработал исключительно наглядный и убедительный опыт, доказавший, что альфа-частицы — это атомы гелия.

Прибор для этого опыта чрезвычайно прост. Не следует, однако, думать, что такая «простота» легко дается исследователю. Поставить простой, но не вызывающий сомнения своей убедительностью опыт, вероятно, одна из труднейших задач физики.

Резерфорд воспользовался изобретенным им прибором (см. рисунок на стр. 20). В стеклянную запаянную тонкостенную трубочку *А* помещалась эманация радия. Таким образом, эманация оказывалась изолированной, тогда как испускаемые ею альфа-частицы могли свободно проходить через стеклянные стенки толщиной всего 0,01 миллиметра. Трубочка с эманацией помещалась в стеклянный сосуд *Б*, оканчивающийся капиллярной разрядной трубочкой с двумя электродами *В* и *Г*. Посредством поднятия и опускания ртути в сосуде *Б* вокруг трубочки с эманацией (*А*) создавался вакуум. Трубочка с эманацией оставалась в приборе в течение двух дней. Газ, образованный проходящими через стекло альфа-частицами, сжимался поднятием ртути в сосуде *Б* и попадал в разрядную трубочку *Д*. Через ее электроды пропусклся ток, и при свечении возникали характерные спектральные линии гелия, доказывающие присутствие гелия в разрядной трубке.

Но, может быть, гелий проник из трубочки *А*, куда он попал вместе с эманацией? Чтобы ответить на этот вопрос, Резерфорд поставил контрольный опыт. В точно такой же прибор в трубочку *А* помещалась не эманация, а гелий. Однако после двух дней в разрядной трубке линии гелия не обнаруживались. Следовательно, гелий, помещенный в трубочку *А*, не проходил (не диффундировал) через ее стеклянные стенки. Альфа-частицы же легко прошли через стеклянные стенки, и так как они были атомами гелия, то при разряде появились спектральные линии гелия.

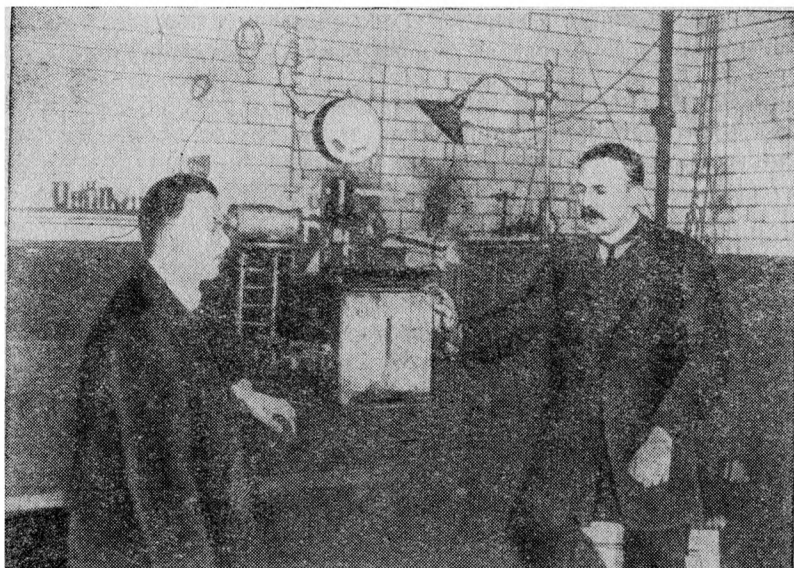
Описанный опыт очень характерен для Резерфорда, исключительного экспериментатора, соединявшего в своих исследованиях гениальную простоту средств с безупречной убедительностью и далеко идущими выводами.

Удивительно складывалась судьба гелия. Впервые гелий был открыт на Солнце с помощью спектрального анализа солнечных лучей. Гелий и оказался продуктом распада ядер радиоактивных элементов. Наконец в наше время ядерная реакция синтеза гелиевого ядра из ядер изотопов водорода является источником гигантской термоядерной энергии, овладеть которой стремится человек.

В первые годы работы Резерфорда в Манчестере был найден новый метод изучения альфа-частиц. Он основан на открытии Уильямом Круксом свойства некоторых веществ люминесцировать (светиться) под влиянием бомбардировки положительно заряженными частицами. Наиболее яркий свет давала цинковая обманка.

Резерфорд и Гейгер направили пучок альфа-частиц на экран из цинковой обманки, помещенный в поле зрения лупы, и увидели не ровно светящийся фон, а отдельные вспыхивающие точки. Они заключили, что вспышки происходят там, где альфа-частицы сталкиваются с фосфоресцирующим экраном. Таким образом можно было считать альфа-частицы, выделяемые различными радиоактивными препаратами.

Специальный прибор для такого рода наблюдений, названный спинтарископом, некоторое время занимал важное место в арсенале экспериментальных средств Резерфорда.



Резерфорд и Гейгер в лаборатории Манчестерского университета.

Резерфорд и Гейгер проводили много часов в затемненном помещении за счет сцинтилляций, вспыхивающих на экране спинтарископа. Гейгер отмечал, что в процессе работы ему одному пришлось в общей сложности посчитать 1 миллион отдельных альфа-частиц. Это была изнурительная работа, требовавшая от исследователя большого упорства и выносливости.

Ганс Гейгер в своих воспоминаниях о Резерфорде писал: «Я вспоминаю его таинственную лабораторию в верхней части здания, под самой крышей. В ней хранился запас эманации и здесь им были выполнены многие известные работы по ее изучению. В памяти возникает также мрачный погреб, в котором Резерфорд устанавливал свои чувствительные приборы для изучения альфа-частиц. Тот, кто спускался туда по

двум ступенькам, прежде всего слышал в темноте голос профессора, предупреждавшего, что помещение пересекает на высоте головы горячий трубопровод, и, кроме того, необходимо осторожно, чтобы не упасть, перешагнуть две водопроводные трубы. После этого, наконец, в слабом свете вошедший различал самого Резерфорда, сидящего у приборов. Тотчас же великий ученый мог начать рассказывать в собственном неподражаемом стиле о развитии своих опытов и о трудностях, которые приходится преодолевать...»

Изучение частиц было значительно облегчено после того, как Гейгер и Резерфорд изобрели счетчик, носящий ныне имя Гейгера—Мюллера (Мюллер усовершенствовал этот прибор). Счетчик частиц отличался удивительным техническим совершенством и избавлял исследователей от утомительного счета сцинтилляций. В настоящее время счетчик Гейгера—Мюллера широко используется в экспериментальной ядерной физике и служит распространенным контрольным прибором в атомной технике.

МОДЕЛЬ АТОМА

Крупнейшее открытие Резерфорд сделал в 1911 году. Оно послужило началом современных представлений об атоме, как частице со сложной структурой. Создав модель атома, Резерфорд, по словам профессора астрономии и физики Кембриджского университета Артура Эддингтона, «произвел величайшую перемену в нашем взгляде на материю со времени Демокрита».

Древнегреческие ученые Демокрит, Левкип и Эпикур создали представление об атомах как о мельчайших неделимых частицах материи. Атомистическая теория прошла длинный путь через века, чтобы утвердить себя в науке.

Античная атомистика была надолго забыта, пока в XVII веке ее не воскресил французский священник и философ Пьер Гассенди (1592—1655). Из трудов Гассенди о ней узнал Исаак Ньютон, а по трудам Ньютона с атомистикой познакомился знаменитый английский химик Джон Дальтон (1766—1844). Приняв атомистическую теорию за основу химии, Дальтон открыл закон кратных отношений, благодаря которому он определил атомный вес многих химических элементов. С этого времени неделимый атом завоевал прочные позиции в химии и содействовал крушению алхимии.

Гипотеза о неделимости атома пространствовала с рекордной медлительностью из древней Греции в современную Англию и, благодаря Дальтону и другим ученым, прочно обосновалась в химии и физике. Открытия Беккереля, супругов Кюри и Резерфорда привели к крушению этих старых представлений о неделимости атома. Правда, атомистическая теория не утратила своего значения для химии; химики

имеют дело с превращениями, в которых атомы участвуют в роли элементарных неделимых частиц вещества.

История создания модели атома дает яркое представление о научном мышлении Резерфорда, обладавшего способностью образно «видеть» физические явления, даже протекающие в атоме.

В 1910 году Резерфорд поручил своему ученику, молодому физiku Марсдену, простую задачу: считать альфа-частицы, проходящие через тончайшие пластинки различных веществ (например, золота, серебра, алюминия). Эти пластинки нужно было помещать на пути частиц от радиоактивного источника к фосфоресцирующему экрану из цинковой обманки. При этом ученый не выразил надежды, что Марсден сможет увидеть что-нибудь любопытное. Теоретически исходя из модели атома Джозефа Томсона, можно было предвидеть, что альфа-частицы должны легко проходить через такие пластинки.

Марсден начал вести свои наблюдения. Он заметил, что хотя большинство альфа-частиц действительно проходит через пластинки, некоторые из них как бы отскакивают назад, то есть происходит рассеяние частиц.

Сообщая о своих наблюдениях Резерфорду, молодой исследователь ожидал, что учитель выразит по этому поводу сильное удивление. Но ученый, не подав вида, что изумлен, посоветовал Марсдену продолжать опыты. Впоследствии Резерфорд признался, что этот результат произвел на него потрясающее впечатление:

«Это был совершенно невероятный случай в моей жизни. Это было почти неправдоподобно, как если бы выстрелили 15-фунтовым снарядом в кусок папиросной бумаги и он вернулся бы обратно и поразил вас».

После трехнедельных раздумий Резерфорд пришел к выводу: опыты Марсдена доказывают, что атом представляет собой сложную систему с центральной массивной частью. Он предложил эту часть назвать ядром (по-английски, как и по-латыни, «нуклеус»). Так родилась нуклеарная модель атома.

Ученик Резерфорда физик Чарльз Дарвин, племянник знаменитого естествоиспытателя, писал:

«Я считаю одним из величайших событий своей жизни то, что произошло в моем присутствии спустя полчаса после «рождения» ядра. Это было во время воскресного ужина в манчестерской квартире Резерфорда. Я помню, как он говорил нам, что наблюдаемое большое рассеяние альфа-частиц свидетельствует о существовании необычайно могучих сил в атоме».

Представление Резерфорда о структуре атома в первоначальном виде изложено в письме профессора Н. А. Шилова из Кембриджа (1914):

«С его (Резерфорда.— И. Ф.) точки зрения атом представляется из себя центральное ядро, состоящее из положительных и отрицательных зарядов или электронов. Вокруг этого ядра в определенной плоскости, наподобие колец Сатурна, расположены и движутся отдельные отрицательные электроны. Атомные ядра различны у различных элементов. Ядро атома водорода состоит, вероятно, из одного положительного электрона, и простое соображение приводит к выводу, что размер этого ядра... должен быть в тысячи раз меньше размера отрицательного электрона».

В последующие месяцы Резерфорд создал теорию ядра во всех ее существенных деталях. Первое сообщение о ней было опубликовано в 1911 году, а вскоре в «Физическом журнале»¹ Резерфорд напечатал статью, излагающую теорию ядра полностью.

Спустя два года талантливый ученик Резерфорда Генри Мосли (погиб молодым на фронте первой мировой войны) совершил выдающееся открытие. Используя метод рентгеновской спектроскопии, он доказал, что количество единиц положительного заряда в ядре (его величина) тождественно с атомным номером и определяет место элемента в периодической таблице Менделеева. Открытие Мосли сыграло огромную роль в развитии ядерной физики и дальнейших работ самого Резерфорда.

В том же 1913 году другой выдающийся ученик и сотрудник Резерфорда, датчанин Нильс Бор, применив новую квантовую теорию, разработал теорию электронов, вращающихся вокруг ядра. Этим был устранен существенный недостаток первой модели атома Резерфорда. Сам Резерфорд понимал, что, применяя к системе атома принципы классической электродинамики Максвелла, нельзя объяснить, почему электроны, теряя свою кинетическую энергию, в конце концов не падают на ядро.

Новая модель атома Резерфорда—Бора была хорошо теоретически обоснована и легла в основу современной ядерной физики.

Отныне теория радиоактивного распада была окончательно передана из рук химиков в руки физиков. Теория ядра давала исчерпывающее объяснение процессу радиоактивного распада. Интерес ученых теперь сконцентрировался на ядерной физике гораздо больше, чем на классической теории радиоактивности.

Следующее исследование Резерфорда было посвящено

¹ В Англии сохранилось старинное название «натуральная философия», обозначающее физику. Поэтому физический журнал, издаваемый Королевским обществом (Английской академией наук) называется «*Philosophical magazine*», что дословно переводится как «Философский журнал».

вопросу столкновений альфа-частиц с легкими и тяжелыми ядрами различных элементов. Понимая важность и сложность этой научной проблемы, Резерфорд решил осуществить «массированное наступление». К теоретической стороне проблемы он привлек Чарлза Дарвина, а к экспериментальной — Наттеля и Марсдена.

Одновременно он совместно с физиками Да Андраде и Феллоу исследовал гамма-излучение. Впервые ими была измерена волна гамма-излучения с помощью видоизмененного метода отражения от кристаллов, разработанного В. Бреггом.

В 1914 году началась первая мировая война. Почти все молодые сотрудники Резерфорда ушли в армию и покинули Англию. Скоро в Кэвендишскую лабораторию пришло извещение о гибели Генри Мосли во время боевых действий в Галлиполи, на границе Греции и Турции. Резерфорд глубоко пережил утрату одного из своих талантливейших учеников.

Резерфорд тоже был призван на работу в военной промышленности. Он занимался вопросами строительства подводных лодок.

В Кэвендишской лаборатории остались Нильс Бор и Эванс. Но Резерфорд, несмотря на занятость и командировку в Соединенные Штаты, продолжал руководить лабораторией и работать над волнующими его проблемами ядерной физики. В этот период он задумал осуществить опыты эпохального значения.

Многолетнее изучение естественного распада атомов радиоактивных элементов привело к мысли о возможности искусственного воспроизведения этого удивительного процесса. Создать в лаборатории такой процесс стало целью Резерфорда. Однако приступить к этим опытам он мог лишь после войны, в 1917 году. В это время его единственным помощником был лаборант Уильям Кэй.

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

В 1908 году Резерфорду была присуждена высшая международная научная награда — Нобелевская премия. В декабре он вместе с женой выехал в Стокгольм, чтобы получить ее.

Резерфорд любил путешествовать. Может быть, он унаследовал эту любовь от своих предков, когда-то решившихся проделать опасный путь на маленьком паруснике из Шотландии к берегам загадочной Новой Зеландии. Его дед Джордж, колесный мастер, работая дни и ночи у своего горна, мечтал о безбрежных океанских просторах, о гордых белокрылых кораблях с резными бушпритами и изображением богоматери на корме. Все шотландцы — жители побережья в душе любили море. Они думали о необыкновенной широте мира,

в котором Британские острова были лишь крупницей. Дети Шотландии, как и все дети мира, видели в воображении диковинные страны, морских пиратов, смелых капитанов, ведущих свои парусники навстречу грозным опасностям. Через несколько морей и океанов, отделявших берега Шотландии от призрачных островов в Тихом океане, дед Резерфорда шел к своему счастью.

Теперь его внук Эрнест, прославленный ученый, уже неоднократно пересекавший Атлантику и Тихий океан, отправлялся на пароходе в Швецию за Нобелевской премией. Обычно такую поездку совершают один раз в жизни, чаще в очень пожилом возрасте. Но Резерфорду всего 37 лет, а выглядит он еще моложе. Несмотря на годы утомительной работы в затемненном подвале Манчестерской лаборатории, где он провел сотни часов, считая вспышки сцинтилляций, ученый скорее похож на спортсмена. Щеки его покрыты румянцем, на лице ни одной морщины, глаза всегда веселы.

Год тому назад даже произошел такой курьезный случай. К нему в лабораторию пришел Артур Шустер с незнакомым японцем. Это был барон Кикучи, министр просвещения Японии. Он познакомился с Резерфордом и его лабораторией. А позднее, оставшись наедине с Шустером, барон спросил: «Я полагаю, что Резерфорд, которого вы мне представили, сын знаменитого профессора Резерфорда?»

Шустеру было довольно трудно объяснить, что этот молодой человек и есть знаменитый профессор Резерфорд.

В Копенгагене пароход сделал краткую остановку. На пристани Резерфорда встречали датские ученые и студенты. В группе питомцев Копенгагенского университета находился юный Нильс Бор. Никто не мог подозревать, что Бор через несколько лет станет учеником и ближайшим сотрудником Резерфорда, а модель атома Резерфорда—Бора откроет путь к сердцу атома.

В Стокгольме по традиции шведский король вручил пять ежегодных Нобелевских премий выдающимся ученым из разных стран.

Всего несколько лет назад здесь побывали Рентген, Беккерель, супруги Кюри, удостоенные почетной научной награды. После них Нобелевская премия присуждена Резерфорду. Это свидетельствует о важности новых открытий в области строения вещества, которая уже признается многими учеными. Правда, не все из них хорошо понимают, как может разрушаться «неделимая» частица — атом, но они интуитивно чувствуют в этой серии открытий нечто очень значительное для науки.

В памяти еще свежа знаменитая Нобелевская речь Пьера Кюри, взволновавшая не только ученых, но и простых людей:

«Не трудно видеть, что в преступных руках радий может

сделаться крайне опасным, и вот возникает вопрос, действительно ли полезно для человечества знать секреты природы, действительно ли оно достаточно зрело, чтобы их правильно использовать, или это знание принесет ему вред. Пример сделанного Нобелем открытия¹ очень характерен в этом отношении. Мощные взрывчатые вещества позволили людям совершить замечательные деяния и они же явились страшным средством разрушения в руках великих преступников, толкавших народы на путь войны».

Эти заключительные слова речи Пьера Кюри, произнесенные за 11 лет до начала первой мировой войны, и сейчас звучат пророчески.

Резерфорд в начале XX века, вероятно, лучше многих других ученых понимал, какие гигантские силы таятся в атоме, но ему не могла прийти в голову мысль, что они будут обращены в страшное оружие смерти и разрушения.

Нобелевский комитет присудил Резерфорду премию по химии, так как в то время изучением радиоактивности занимались главным образом химики.

Но Резерфорд думал иначе. Он написал своему ученику Отто Гану в Берлин, что очень удивлен метаморфозе, превратившей его из физика в химика.

В Стокгольме он сказал на банкете:

«Я имел дело со многими разнообразными превращениями, которые изучал в разные годы жизни, но самое замечательное превращение заключалось в том, что я в один миг превратился из физика в химика».

Нобелевская лекция Резерфорда называлась «О химической природе альфа-частиц радиоактивных веществ». Это блестящее научное сообщение напечатал английский «Физический журнал». В нем заключалась целая энциклопедия радиоактивности, созданная Резерфордом и Содди.

На обратном пути из Стокгольма Резерфорд побывал в старинном голландском городе Лейдене — на родине Рембрандта и Лоренца. Лейден сыграл большую роль в истории искусства и науки. В нем была построена лейденская банка — первый прибор для «собирания» электричества, и появились на свет знаменитые преобразования Лоренца, проложившие путь к великой теории относительности Альберта Эйнштейна. Век искусства — век Рембрандта сменился веком науки — веком Лоренца и Каммерлинг-Оннеса. Это произошло здесь, в Лейдене.

Вместе с Лоренцом Резерфорд осмотрел две замечательные достопримечательности города: дом, в котором родился Рембрандт, и лабораторию низких температур профессора Гейке

¹ Шведский химик Альфред Нобель, основатель Нобелевских премий, открыл взрывчатое вещество — динамит.

Каммерлинг-Оннеса, где была создана и тогда находилась первая в мире машина для сжижения самого «неподатливого» газа — гелия.

Резерфорд в то время уже предвидел, что исследования в области сверхнизких температур сыграют важную роль в развитии физических представлений о структуре и свойствах вещества. Много лет спустя он организует в Кэвендишской лаборатории довольно широкие исследования в этом направлении, которыми будет руководить советский ученый П. Л. Капица...

Присуждение Нобелевских премий А. Беккерелю, супругам М. и П. Кюри, Э. Резерфорду способствовало тому, что радиоактивностью и исследованиями структуры вещества заинтересовались многие физики и химики в различных странах, в том числе и ученые с мировым именем.

В конце октября 1911 года в столице Бельгии — Брюсселе в отеле «Метрополь» состоялось «частное» совещание крупнейших ученых мира, устроенное бельгийским химиком Сольвеем. В просторном, роскошном зале отеля собрались Лоренц, Макс Планк, Альберт Эйнштейн, Мария Кюри, Резерфорд, Каммерлинг-Оннес, Джинс, Зоммерфельд, Перрен, Пуанкаре, де Бройль, Вин, Гольдшмидт, Варбург, Нернст, Брюлльен. Каждое из этих имен говорило за себя: с каждым из них было связано одно или несколько наиболее замечательных открытий первой половины XX века.

На этом исключительном в своем роде собрании выдающихся представителей международной науки Резерфорд рассказал об итогах своей работы по исследованию альфа-частиц и радиоактивности в целом. Он также высказал мысль о необходимости направить усилия многих физиков для развития работ в этой важнейшей области.

Действительно, в годы перед первой мировой войной отчасти благодаря деятельности ученых, собравшихся в Брюсселе, в области теоретического и экспериментального изучения свойств атома и ядра уже работали сотни исследователей.

Резерфорд до конца своей жизни с энтузиазмом принимал новые идеи в физике, открывающие пути для более глубокого познания окружающих явлений. Так, новые, революционные представления в теоретической физике, а именно квантовые представления, были высоко оценены Резерфордом и сразу же нашли отражение в его работах. В то же время многие крупные ученые отнеслись к ним скептически или равнодушно.

На собрании Британской ассоциации в 1913 году, когда уже многим ученым стали известны квантовая теория и идеи Нильса Бора о квантовой природе спектра атомов, председательствующий знаменитый физик лорд Рэлей был «при-

жат к стенке» вопросом о его отношении к квантовым представлениям. Рэлей, замаявшись, ответил: «...человек, которому за семьдесят, не может быть поспешным в выражении мнений о новых теориях».

Рэлей не одобрял квантовых представлений и не верил, что «природа ведет себя таким образом». Он публично заявил о квантовой теории следующее:

«У меня есть трудности в принятии этого, как картины, которая действительно имеет место».

Выступление же Резерфорда было посвящено новым идеям строения атома, основанным на квантовых представлениях. Он изложил принципы модели атома Резерфорда—Бора, ставшие классическими в ядерной физике.

Присутствовавшая на собрании Мария Склодовская-Кюри сказала: «Его (Резерфорда.— *И. Ф.*) работы в области радиоактивности глубоко поразили меня. Скоро обнаружатся такие великие открытия, по сравнению с которыми открытия радия только прелюдия».

Пророческие слова Марии Кюри сбылись.

Спустя шесть лет Резерфорд совершил новое великое открытие. Это было искусственное превращение одного элемента в другой под влиянием бомбардировки радиоактивными частицами высоких энергий. Такое превращение было названо Резерфордом «трансмутацией» элементов. В настоящее время превращения элементов в результате перестройки их ядер известны под именем ядерных реакций. Ядерные реакции составляют обширный раздел в физике ядра.

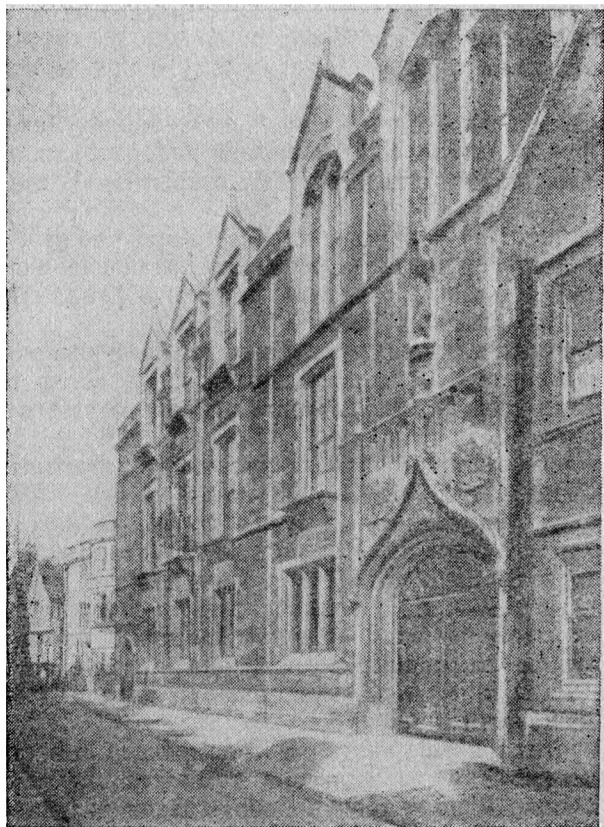
Открытие трансмутации наглядно убедило в ошибочности взглядов о неразложимости химических элементов. Искусственно вызываемые процессы превращения одних элементов в другие, связанные с перестройкой ядер, подрывали основы классической химии, благодаря которым она восторжествовала над средневековой алхимией, и, как не парадоксально, заставляли поверить в возможность осуществления мечты алхимиков о превращении элементов. Свою популярную книгу о ядерных реакциях Резерфорд так и назвал «Новая алхимия».

Открытие ядерных реакций было подготовлено многочисленными опытами Резерфорда в лаборатории Манчестерского университета.

ИСКУССТВЕННЫЕ ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ

Семидесятилетний Джозеф Томсон — учитель Резерфорда, ушел в отставку в 1919 году, освободив место директора Кэвендишской лаборатории Кембриджского университета. На эту должность Кембриджский университет пригласил Резерфорда (в Манчестерском университете Резерфорда сменил Лоуренс Брегг).

Кэвендишская лаборатория, в которой было сделано так много в области изучения свойств и структуры вещества, нуждалась в руководителе, работающем над этими проблемами. Резерфорд, естественно, был наиболее подходящим кандидатом на освободившуюся вакансию. Резерфорд согласился сменить Джозефа Томсона.



Кэвендишская лаборатория Кембриджского университета.

Кэвендишская лаборатория была создана в семидесятых годах XIX века на частные средства наследников замечательного английского ученого сэра Генри Кэвендиша (1731—1810), которого при жизни звали «Ньютоном современной химии».

Кэвендиш совершил важные научные открытия, но о них узнали только после смерти ученого из его бумаг. Кэвендиш вошел в историю как необычайный оригинал. У него не было друзей, и он вообще избегал людей, постоянно занимаясь своей наукой замкнуто, вдали от посторонних глаз.

Генри Кэвендиш, брат герцога Девонширского, был очень богатым человеком. Его жизнь представлялась современникам исключительно загадочной. Скучные сведения о Кэвендише говорят, что он вел чрезвычайно замкнутый образ жизни. Он даже запретил прислуге дворца попадаться ему на глаза. Ему подавали еду на стол до того, как он входил в столовую.

Дни и ночи Кэвендиш в полном одиночестве работал в своем таинственном кабинете над научными исследованиями. Он не публиковал своих работ и никому о них не рассказывал.

Клэрк Максвелл — один из предшественников Резерфорда на посту руководителя Кэвендишской лаборатории, написал статью о неопубликованных научных открытиях Генри Кэвендиша.

В Кэвендишской лаборатории Резерфорд работал до конца жизни. Этот период имел громадное значение для развития ядерной физики и создания прочного фундамента для техники нового атомного века.

Открытие искусственных ядерных реакций было сделано Резерфордом в том же девятнадцатом году, когда он вступил в Кэвендишскую лабораторию вторично, уже в качестве ее руководителя.

Резерфорд бомбардировал «мишени» из различных газов быстрыми частицами. Быстрые частицы с энергией в несколько миллионов электроновольт можно получать без специальных ускорителей. Они испускаются радиоактивными элементами. В те годы из-за отсутствия ускорителей эти частицы были единственными мощными снарядами в руках физиков.

Ход открытия ядерных реакций блестяще подтверждает необыкновенное дарование Резерфорда ставить опыт так, чтобы, по замечанию А. С. Руссела, он «задавал Природе наиболее существенные вопросы».

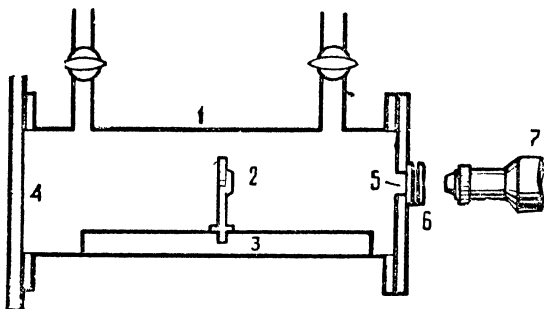
При изучении альфа-частиц методом счета сцинтилляций или с помощью камеры Вильсона ученые подметили любопытное явление. В поле зрения наблюдателя иногда появлялись частицы с гораздо более длинным пробегом, чем у обычных альфа-частиц.

Резерфорд первый проявил к этому явлению большой интерес. Он решил тщательно проанализировать причину удлинения пробега некоторых частиц. Для этого ученый сконструировал чрезвычайно простой и остроумный прибор, который ныне можно отнести к великим реликвиям борьбы за покорение атома.

Прибор представлял собой латунную трубку 1 длиной 18 сантиметров с боковыми кранами, служащими для наполнения газом. Внутри трубки находился радиоактивный источник в виде активированного диска 2, испускающего альфа-

частицы с большой энергией. Диск укреплен на стойке, передвигающейся по рельсу 3.

Один конец трубки закрывался матовой стеклянной пластинкой 4, а другой — латунной пластинкой 5, прикрепленной воском. В латунной пластинке было прямоугольное отверстие (размером 10 на 3 миллиметра). Это отверстие закрывалось тонкой серебряной пластинкой 6, задерживающей альфа-частицы эквивалентно слою воздуха в 4—6 сантиметров. Против отверстия прикреплялся экран из цинковой обманки. В зазор между серебряной пластинкой и экраном можно было вставлять пластинки из поглощающего вещества и таким образом ставить дополнительную «преграду» на пути альфа-частиц к экрану.



Прибор, с помощью которого были открыты ядерные реакции (превращения элементов).

Пройдя через серебряную пластинку, альфа-частицы ударялись об экран, вызывая сцинтилляции, для наблюдения которых применялся микроскоп 7.

Если в трубку в качестве радиоактивного источника поместить радий-С, с максимальной длиной пробега альфа-частиц 7 сантиметров, а затем вставить в щель между экраном и серебряной пластинкой слюдяную пластинку с задерживающей способностью в 20 сантиметров, то ясно, что ни одна альфа-частица не достигнет экрана.

Однако было обнаружено, что при заполнении трубки водородом, несмотря на слюдяную прокладку, сцинтилляции появляются. Отсюда Резерфорд сделал вывод, что вспышки возникают при ударе ядер водорода, которые при бомбардировке альфа-частицами приобрели более длинный пробег. При столкновении с альфа-частицами атомы водорода теряли электроны, образуя протоны.

Когда водород в трубке заменялся кислородом или углекислым газом, то при всех равных условиях сцинтилляций не появлялось.

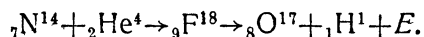
При наполнении трубки азотом Резерфорд заметил вспышки, указывавшие на присутствие каких-то частиц с пробегом в

несколько раз более длинным, чем обычно. Резерфорд заключил, что при столкновении альфа-частиц с атомами азота некоторые из атомов разрушаются, причем среди продуктов распада находятся протоны с большой энергией, вызывающие вспышки.

Совершенно ясно, что при такой реакции должны образовываться из ядер азота ядра кислорода (устойчивого изотопа O^{17}).

Приведем слова самого Резерфорда:

«Продолжая этот опыт, я в 1919 году получил экспериментальные доказательства того, что небольшое число атомов азота при бомбардировке распалось, испустив быстрые протоны (водородные ядра). В свете позднейших исследований общий механизм этого превращения вполне ясен. Время от времени альфа-частица действительно проникает в ядро азота, образуя на одно мгновение новое ядро типа ядра фтора с массой 18 и зарядом 9. Это ядро, которое в природе не существует, является чрезвычайно неустойчивым и сразу же распадается, выбрасывая протон и превращаясь в устойчивое ядро кислорода с массой 17. Стадии этого процесса превращения показаны ниже в виде соотношения, напоминающего химическое уравнение. Левая часть уравнения содержит вступающие в реакцию элементы, а правая часть — конечные продукты превращения. Два числа перед каждым символом обозначают массу и заряд ядра данного элемента. Как видно из уравнения, общий заряд ядер при превращении (т. е. при ядерной реакции.— *И. Ф.*) сохраняется так же, как и их масса, если только учесть эквивалентность массы и энергии. С этой целью в правую часть уравнения вводится символ E , обозначающий массу, эквивалентную сумме кинетических энергий протона и ядра кислорода за вычетом первоначальной энергии альфа-частицы.



Превращение происходит в ничтожных масштабах, ибо всего одна альфа-частица из 50 тысяч приближается к ядру достаточно близко, чтобы быть им захваченной. Фотографируя следы нескольких сотен тысяч альфа-частиц в наполненной азотом камере Вильсона, Блеккет установил несколько удачных случаев превращения ядра азота.

Азот (N^{14}) был первый элемент, который Резерфорд превратил в кислород, бомбардируя потоком альфа-частиц. Точнее, он обнаружил превращение атомов азота в атомы кислорода. На каждый миллион альфа-частиц было зарегистрировано 20 превращений.

В течение нескольких лет ученому удалось таким путем осуществить ядерные реакции в 17 легких элементах. В их

числе были бор, фтор, натрий, алюминий, литий, фосфор. Резерфорд пытался получить ядерные реакции и в тяжелых элементах. Однако с увеличением атомного номера элемента, из которого изготовлялась мишень, облучаемая альфа-частицами, количество испускаемых при распаде ядер протонов быстро уменьшалось. При облучении элементов тяжелее аргона (атомный номер 18) уже нельзя было наблюдать ни одного протона.

Вскоре Резерфорду стало ясно, что применение радиоактивных препаратов как источника «снарядов» для «бомбардировки» неудобно из-за сравнительно малой энергии альфа-частиц. Кроме того, для проведения точных экспериментов нужны были различные частицы: протоны, дейтоны (ядра изотопа водорода-дейтерия), электроны с большой и хорошо регулируемой энергией.

Поэтому с 1920 года в Кэвендишской лаборатории под руководством Резерфорда начались работы по созданию высоковольтных установок для получения протонов и электронов с большой энергией и интенсивностью пучка. Такие же работы велись и во многих лабораториях различных стран.

Лишь в начале тридцатых годов ученики Резерфорда Джон Кокрофт¹ и Эрнест Уолтон сконструировали в Кэвендишской лаборатории одну из первых в мире электрических установок с разностью потенциалов около 1 миллиона вольт.

Используя эту очень мощную для своего времени установку, они впервые осуществили ядерную реакцию с ускоренными частицами-протонами с энергией 700 тысяч электронов-вольт, расщепив ядро элемента лития.

Ученик Резерфорда Олифант с помощью этой установки изучал ядерные реакции в легких элементах.

В дальнейшем развитии этой области большую роль сыграл сконструированный в 1930 году Ван-де-Граафом (США) электростатический генератор. С помощью этой машины была освоена область энергий 1—2 миллиона электронов-вольт. Впоследствии в генераторах Ван-де-Граафа удалось ускорить протоны до энергии 8 миллионов электронов-вольт.

В тридцатых годах профессор Калифорнийского университета Эрнест Лоуренс сконструировал первый циклотрон. В этом аппарате заряженные частицы автоматически многократно разгонялись в мощном магнитном поле, образуя интенсивный пучок.

Так рождалась современная техника ускорителей, достигнувшая в наше время замечательных успехов.

¹ Имеются в виду золотые франки по курсу того времени: 5 франков Резерфорда, руководит в Англии исследованиями в области термоядерных реакций на известной установке «Зета».

ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ. НЕЙТРОНЫ И АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ

Открытие ядерных реакций в 1919 году, в результате которых образовывались изотопы других элементов, вызвало к жизни новые работы необычайной важности.

В 1934 году в Париже дочь Марии Кюри — Ирэн Кюри и ее муж Фредерик Жолио-Кюри, облучая альфа-частицами алюминиевую мишень, установили, что при этом происходит ядерная реакция с образованием фосфора, оказавшегося в отличие от обычного фосфора радиоактивным. Почти одновременно Жолио-Кюри получили радиоактивный азот и радиоактивный кремний.

Резерфорд сразу же оценил необыкновенную важность открытия искусственной радиоактивности. В письме из Кембриджа, датированном 29 января 1934 года, он писал супругам Жолио-Кюри: «Мои дорогие коллеги. Я восхищен итогами ваших опытов по получению радиоактивных веществ путем облучения альфа-частицами. Поздравляю вас обоих с блестящей работой, которая, по моему убеждению, в конечном счете окажется очень важной.

Я лично очень заинтересован в результатах ваших исследований, поскольку долгое время думал о том, что такой эффект может наблюдаться в соответствующих условиях.

В прошлом я проделал много опытов, используя чувствительный электроскоп для обнаружения такого эффекта, однако безуспешно. В прошлом году мы проделали опыт, в котором облучали тяжелые элементы протонами, но получили отрицательные результаты.

С лучшими пожеланиями дальнейших успехов в ваших исследованиях.

Искренне Ваш Резерфорд».

Перед человечеством открылась пока еще неясная возможность овладеть атомной энергией. Правда, она была настолько иллюзорной, что даже многие крупнейшие ученые, работающие в области ядерной физики, не мечтали об ее осуществлении в ближайшие годы. Сам Нильс Бор, в руках которого были важнейшие нити, ведущие в глубь ядра, считал возможность практического использования атомной энергии очень отдаленной.

Спустя 18 лет после открытия Резерфордом ядерных реакций, в годы, когда искусственные радиоактивные изотопы и нейтроны стали достоянием физиков, Нильс Бор в лекции, прочитанной в Московском университете (1937), подчеркивал необычайную трудность использования атомной энергии. По мнению Бора, эта трудность объясняется явлением рассеяния энергии, имеющим место при расщеплении (и следовательно перестройке) ядра.

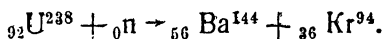
В стенограмме лекции Бора есть такие слова:

«Если бы не было рассеяния энергии, то удар нейтрона, обладающего энергией в десятки или сотни миллионов электроновольт, мог бы вызвать процесс освобождения атомной энергии, подобно тому, как небольшой головней можно вызвать большой пожар. Освобожденная энергия в свою очередь вызвала бы подобные процессы в соседних ядрах. Так «зажигание» в одном месте привело бы к лавинообразному взрыву с выделением колоссального количества энергии. Гораздо проще было бы осуществить технические проекты устройства для практического использования атомной энергии. Однако рассеяние энергии, типичное для всех ядерных процессов, делает этот воображаемый процесс мало вероятным. Поглощение ядром первой же частицы (нейтрона) сопровождается рассеянием энергии, обесценивающим даже первоначальную энергию нейтрона. Это обстоятельство приводит нас к несколько мрачным перспективам относительно решения фундаментальной проблемы ядерной физики — использования огромной энергии, заключенной в ядре».

Из этих слов видно, что Бор совершенно ясно представлял себе лавинообразную цепную реакцию¹, но имевшиеся у него тогда данные не позволяли надеяться на скорое ее осуществление. Однако спустя всего два года (1939) ученик Резерфорда, немецкий радиохимик Отто Ган, вместе со своим сотрудником Фрицом Штрассманом открыл реакцию деления урана под действием нейтронов. Ученые подвергали уран нейтронной бомбардировке, ожидая при этом образования изотопов с атомными весами более высокими, чем у обычного урана (уран-238).

В урановой мишени, бомбардируемой нейтронами, Отто Ган обнаружил радиоактивные атомы гораздо более легкого элемента, чем уран, — бария. Как они оказались здесь?

Тайну этого открытия разгадали немецкие физики Лиза Мейтнер и Отто Фриш. Они предположили, что здесь имеет место деление ядра урана-238 нейтронами на две приблизительно равные по массе части, названные осколками. Эта ядерная реакция записывается так:



Атомы бария и криптона, образующиеся в процессе деления урана, содержат избыточные нейтроны. Оба элемента, которые в этом случае называются «продуктами деления», испускают электроны, являясь сильно радиоактивными.

Работа Мейтнер и Фриша, объяснявшая открытие Гана и Штрассмана как деление урана, сыграла выдающуюся роль в овладении атомной энергией.

¹ В то время уже хорошо были известны цепные реакции в химии, механизм которых раскрыл в своих работах лауреат Нобелевской премии академик Н. Н. Семенов,

Если в опытах Резерфорда и его последователей при искусственно вызываемых ядерных реакциях наблюдались энергии всего лишь в несколько миллионов электроновольт, то при делении одного атома урана освобождалась энергия в 200 миллионов электроновольт. Свершился процесс, о котором так недавно с пессимизмом говорил Нильс Бор в Москве.

Мечта об использовании внутриядерной энергии приблизилась к реальной возможности, но открытие Гана и Штрассмана еще не дало ключа к освобождению атомной энергии в сколько-нибудь значительных масштабах. Образующиеся при делении ядра урана-238 две приблизительно одинаковые по массе части, хотя и несут на себе энергию по 100 миллионов электроновольт, однако они не в состоянии произвести деление других атомов.

Проблема была решена после открытия цепной ядерной реакции в изотопе урана (уран-235), в ходе которой имеет место вторичный процесс, заключающийся в том, что при делении ядра возникают несколько избыточных нейтронов, продолжающих деление соседних ядер. В случае урана-235 среднее количество таких избыточных «делящих» нейтронов составляет 2,5 на каждое ядро. В определенных условиях (при достижении критической массы урана) происходит быстрое нарастание делящих нейтронов и процесс деления урана происходит лавинообразно, с освобождением громадного количества внутриатомной энергии.

Профессор Энрико Ферми впервые создал ядерный реактор, в котором осуществил цепную ядерную реакцию. Он назвал его «пила», что по-итальянски означает предмет, сложенный из многих слоев.

Строительство этого первого реактора проводилось в США в строгом секрете под условным грифом «Манхэттенский проект». Оно преследовало особые цели, не связанные с практическим использованием атомной энергии.

В 1945 году над японскими городами Хиросима и Нагасаки американцы сбросили атомные бомбы большой разрушительной силы. Сбылось опасение Пьера Кюри. Атомная энергия была использована как средство уничтожения многих тысяч невинных людей.

Теперь всем известно, что цепная ядерная реакция вызывается попаданием нейтрона в определенную (критическую) массу урана-235, плутония-239 или других делящихся изотопов. Открытие нейтрона — нейтральной частицы, входящей в состав ядра, было поэтому важнейшей вехой на пути к использованию атомной энергии.

Резерфорд первый высказал еще в 1920 году предположение о существовании в составе ядра незаряженной частицы, равной по массе положительно заряженной частице — прото-

ну (ядру водорода). Он предсказал свойства этой частицы, которую назвал нейтроном¹:

«...Они (т. е. нейтроны.— *И. Ф.*) должны легко проникать в недра атома и могут либо соединиться с ядром, либо распасться в его интенсивном поле, результатом чего будет, вероятно, испускание атома водорода или электрона, или же обоих одновременно».

Резерфорд пытался получить нейтроны, пропуская через водород электрический разряд. Но опыты не дали результата. Он пришел к правильному выводу, что нейтроны невозможно получить с помощью разности потенциалов обычного порядка.

Ученый пытался решить проблему совершенно другим путем. Он вместе со своим учеником Чадвиком поставил серию опытов, в которых алюминий подвергался бомбардировке альфа-частицами большой энергии. Но и эти опыты не дали результата.

Однако он продолжал попытки открыть нейтрон и особенно поощрял Чадвика вести работы в этом направлении. Попытки увенчались успехом лишь в 1936 году, спустя 16 лет после того, как Резерфорд предсказал существование нейтрона. Чадвик открыл долгожданный нейтрон в Кэвендишской лаборатории, и, несомненно, его маститый учитель сыграл большую роль в этом открытии.

Замечательно еще то, что в том самом 1936 году, сразу после открытия Чадвика, Резерфорд предсказал роль нейтрона в использовании атомной энергии:

«Недавнее открытие нейтрона и доказательство его исключительной эффективности в осуществлении ядерных реакций при низких скоростях открывает новые возможности при условии, если будет найден способ производства в большом количестве медленных нейтронов, при малой затрате энергии для этого».

Позднее физики нашли способы замедления нейтронов и во многих странах смогли быть созданы ядерные реакторы. Первый ядерный реактор на медленных нейтронах был запущен в 1945 году. Нейтрон совершил блестящий путь в атомную технику.

РЕЗЕРФОРД И ЕГО УЧЕНИКИ

Резерфорд был высокого роста и могучего телосложения. Лицо его было приветливым, а в голубых глазах светились простодушие и лукавство в одно и то же время.

Внешностью и манерой одеваться он напоминал состоятельного фермера из шотландской деревни.

¹ Резерфорд предложил новый термин «нейтрон» в 1920 году на заседании Британской ассоциации в Кардиффе (Англия), задолго до открытия этой частицы.

Резерфорд громко говорил, и в его речи слышался провинциальный акцент. Этот акцент, занесенный шотландскими эмигрантами на далекие острова Новой Зеландии, ученый впитал в себя с детства и сохранил на всю жизнь.

Трудно представить себе Резерфорда без многочисленных его учеников — молодых физиков, съезжавшихся в Манчестер и Кембридж со всей Англии и из многих стран мира. У Резерфорда в разное время работали известные советские физики: академики Ю. Б. Харитон, П. Л. Капица, профессор А. И. Лейпунский.

Резерфорд говорил: «Ученики заставляют меня оставаться молодым».

В этих словах заключен особый смысл. Часто ученые на склоне лет все труднее принимают новые прогрессивные идеи и представления, рождающиеся в науке, а иногда становятся и в оппозицию к смелым теориям и необычным направлениям научной мысли.

Такие ученые не могут быть наставниками и руководителями молодых поколений, стремящихся к новым открытиям, к борьбе с рутинной и отжившими теориями.

В молодых ученых Резерфорд больше всего ценил проявление инициативы, смелости и оригинальности в идеях, опытах, выводах. Он считал эти черты характерными для настоящего ученого, способного обогатить науку, и всеми способами старался их выявить у молодежи. Человека, который через 2—3 года работы под его руководством не находил своей собственной линии исследований, Резерфорд не считал пригодным для научной работы.

Академик Юлий Борисович Харитон писал:

«Резерфорд был учителем в самом высоком смысле этого слова. Он никогда не навязывал ученикам свои идеи и точки зрения и всячески поддерживал все проявления самостоятельного образа мышления. Он никогда не жалел «отдавать» на разработку свои мысли. Многие работы, не носящие его имени, обязаны ему своим происхождением.

Резерфорд не любил входить в детали работы молодых учеников, считая, что слишком глубокое участие в работе подавляет инициативу. Но он чрезвычайно внимательно анализировал и обсуждал результаты, проявляя ко всем вопросам неисчерпаемый интерес, вдохновляя и увлекая каждого, кто имел с ним дело. Он предъявлял очень строгие требования к изложению результатов, часто заставляя полностью переделывать уже написанные статьи».

Поощряя в молодых физиках самостоятельность в выборе темы и способность оригинально ее решить, Резерфорд вместе с тем настолько увлекал своих учеников и сотрудников близкими ему проблемами, что большинство из них избирало своей специальностью ядерную физику.

Резерфорд любил своих учеников и проявлял много изобретательности, чтобы создать в своей лаборатории атмосферу подлинной дружбы и сотрудничества, способствующую творческой работе. Он ввел, например, традицию, по которой все сотрудники лаборатории ежедневно в половине пятого собирались в специально отведенной комнате (а иногда дома у Резерфорда), чтобы побеседовать за чашкой чая.

Темой таких бесед были научные вопросы и работы, выполненные в последние дни в лаборатории. Профессор и его ученики обменивались впечатлениями о своих успехах и неудачах. Оживленно обсуждались результаты опытов, причем никто не пытался что-нибудь скрыть от товарищей. Резерфорд быстро улавливал сущность обсуждаемого вопроса, проявляя исключительную способность разбираться в чужих работах, и намечал планы дальнейших опытов или теоретических разработок.

Портрет Резерфорда дополняют слова академика П. Л. Капицы, сказанные о великом ученом:

«Он был подвижен, голос у него был громкий, он плохо умел его модулировать, вполголоса он говорить не мог. Когда профессор входил в лабораторию, все знали об этом, и по интонации можно было судить — в духе он или нет. Во всей его манере обращения с людьми сразу с первого слова бросались в глаза его искренность и непосредственность. Ответы его были всегда кратки, ясны и точны. Своей приветливостью он очень быстро располагал к себе людей. Проводить время в его обществе было исключительно приятно. Когда ему что-нибудь рассказывали, он немедленно реагировал, что бы это ни было. С ним можно было обсуждать любую проблему — он сразу начинал охотно говорить о ней».

При всей своей необычайной целеустремленности Резерфорд никогда не замыкался в рамках научных исследований. Его интересы выходили далеко за пределы лаборатории, рабочего кабинета и кафедры в студенческой аудитории. Он живо интересовался самыми разнообразными областями знания, искусством, литературой, политикой.

В своих собеседниках и «оппонентах» Резерфорд очень ценил остроумие, сообразительность, которые, по его мнению, иногда были важнее, чем эрудиция.

Вновь приезжающие в Кэвендишскую лабораторию молодые физики быстро изучали привычки и характер Резерфорда. Они знали, что если Резерфорд гуляет по коридору, напевая энергично песню «Вперед, солдаты Христа» (причем песня узнавалась главным образом по словам, а не по мотиву), то дела в лаборатории обстояли благополучно. Другой его привычкой было произносить нараспев слова панихиды, когда работа не ладилась или он обнаруживал, что кто-либо из учеников плохо обращался с дорогой аппаратурой.

Ученик Резерфорда, известный новозеландский физик Робинсон, в своих воспоминаниях писал:

«В среднем ежегодно в его (Резерфорда.— *И. Ф.*) лаборатории обычно работали 15—20 человек, занимающихся постоянно радиоактивностью. Большую часть составляли молодые ученые, за которыми Резерфорд должен был наблюдать и снабжать идеями и схемами работ. Наблюдения он в полной мере осуществлял в своем ежедневном «лабораторном цикле». Резерфорд был всегда полон идей. Действительно, не было такого периода, когда бы он не имел гораздо больше идей, чем его ученики и сотрудники могли бы выполнить. Он был неподражаем в изобретении прямых и простых методов исследования, которые можно было бы осуществить с помощью несложной и дешевой аппаратуры. В то же время было много срочных проблем радиоактивности, требовавших для своего решения средней точности измерений. Его юные ассистенты получали большое удовлетворение от того, что выполняли в период учебы настоящую исследовательскую работу».

В Манчестерском университете и особенно в Кэвендишской лаборатории в Кембридже под руководством Резерфорда работали многие молодые ученые, впоследствии сделавшиеся знаменитыми.

Воспитывая молодых физиков-исследователей, приезжавших из различных стран, Резерфорд никогда не забывал о еще более юных поколениях, из которых вырастут будущие физики. Речь идет о школьниках. Хотя ему самому недолго пришлось быть преподавателем, но он всегда глубоко интересовался жизнью средней школы и высоко ценил благородный труд школьных учителей.

Резерфорд в Кэвендишской лаборатории установил обычай проводить семинары для учителей физики средних школ. Учителям предоставлялась возможность принять участие в работе лаборатории и обсуждении результатов, прослушать лекции крупнейших исследователей о достижениях теоретической и экспериментальной физики и применении их в технике и промышленности. Эти семинары, продолжающиеся и после смерти Резерфорда, носят международный характер. В апрельском семинаре 1956 года принимал участие советский представитель.

Характерно, что последние слова Резерфорда перед смертью относились к средней школе. Он напомнил жене, чтобы она передала Нельсоновскому колледжу в Новой Зеландии завещанные ему 100 фунтов.

Резерфорд обладал могучим организмом, он почти никогда не болел и даже в возрасте 66 лет, в 1937 году, был неутомим, энергичен, вызывая зависть у многих людей гораздо моложе его.

Родители Резерфорда в неустанных трудах и заботах прожили долгую жизнь и умерли в возрасте 90 лет.

Всем знавшим Резерфорда казалось, что этот здоровый, цветущий человек также будет долго жить.

Однако осенью 1937 года Резерфорд в лаборатории почувствовал себя плохо. В скромном госпитале Кембриджского университета ему срочно сделали операцию в связи с ущемлением грыжи, после которой он прожил всего четыре дня. 19 октября Резерфорд скончался.

* * *

За год до смерти, в лекции памяти Генри Синджвика, прочитанной в Кембридже, Резерфорд говорил:

«Атомное ядро представляет собой целый мир, где в ничтожно малом объеме заключен ряд различных частиц, в частности протонов и нейтронов, удерживаемых вместе чрезвычайно мощными не известными нам силами. В настоящее время делаются энергичные попытки приспособить существующие идеи к объяснению структуры атомного ядра, и в нескольких простых случаях уже достигнуты некоторые успехи. Однако мы все еще далеки от понимания сложного ядра и причин, вызывающих его распад при определенных условиях».

Эти слова и сейчас не утратили смысла, хотя физика за последние два десятилетия достигла замечательных успехов в развитии представлений о структуре ядра и протекающих в нем процессах.

Если проследить пути современной ядерной физики, то можно заметить, что истоками многих ее генеральных направлений являются работы Резерфорда.

Открытие Резерфордом в 1900 году в Канаде первых известных радиоактивных газов радона (Em^{222}) и торона (Em^{220}) было открытием радиоактивных изотопов эманации. В то время явление изотопии еще не было известно и термин «изотоп» не существовал. Лишь спустя шесть лет исследователи, сравнивая ионий (Th^{230}) с торием (Th^{232}), установили, что они химически идентичны. Таким образом впервые было доказано существование одних и тех же химических элементов с одинаковыми химическими и оптическими свойствами, но разными атомными весами и в отличие от обычных элементов обладающих радиоактивностью. Содди назвал их «изотопами» или «изотопическими элементами», так как они занимают в периодической системе Менделеева то же место, что и обычные элементы.

Резерфорд неопровержимо доказал «материальность» альфа-частицы и разработал представления о ядре, как массивном образовании в центре атома, состоящем из частиц. Этим было положено начало широкому изучению многочислен-

ных элементарных частиц, входящих в состав ядра, и созданию современной теории частиц, занявшей выдающееся место в физике. В последние годы физика частиц обогатилась рядом замечательных открытий. К ним относится, например, открытие античастиц: антипротона и антинейтрона. В настоящее время физикам уже известно более 25 элементарных частиц. Большое научное значение имеет удачная попытка создать таблицу элементарных частиц.

В Кэвендишской лаборатории Резерфорд осуществил впервые ядерные реакции. Вначале он использовал для своих опытов естественные радиоактивные источники, а затем, убедившись в недостаточной эффективности этого метода, предложил построить высоковольтные электрические установки. С их помощью можно было получить более интенсивные пучки протонов, электронов и других частиц. Это были первые шаги «ускорительной техники». В настоящее время физики в различных странах используют для своих исследований мощные ускорители на десятки и сотни миллионов электроновольт. В Советском Союзе построен крупнейший ускоритель — синхрофазотрон на 10 миллиардов электроновольт.

Мощные ускорители стали основным средством исследований частиц высоких и сверхвысоких энергий. Возникла новая область физики, имеющая целью изучение природы и свойств элементарных частиц: нуклонов, мезонов, гиперонов, античастиц. Эти частицы представляют собой простейшие из известных в настоящее время элементов структуры вещества. На ускорителях исследуют взаимодействие этих частиц между собой и процессы взаимных превращений одних элементарных частиц в другие.

Открытие Резерфордом ядерных реакций, которое было логическим продолжением его опытов по изучению радиоактивности, и в частности свойств альфа-частиц, явилось первоосновой для развития обширнейшей области знаний и техники. К этой области можно отнести и блестящие достижения атомной энергетики, и широкое использование искусственных радиоактивных изотопов в промышленности, медицине, сельском хозяйстве и других областях деятельности человека.

В наши знаменательные годы, когда на территории многих стран уже построены или строятся атомные установки, развитие которых началось после создания первой в мире атомной станции в СССР, физики и техники стремятся овладеть новым видом энергии. В Советском Союзе, США, Англии и других странах ведутся в больших масштабах исследования, конечной целью которых является использование энергии синтеза водородных ядер в энергетике. Пока еще процесс регулирования термоядерной энергии не осуществлен, но можно полагать, что рано или поздно эта важнейшая проблема современности будет решена усилиями ученых всего мира.

Работы в области термоядерных реакций связаны с исследованиями Резерфорда о взаимодействиях ядер изотопа водорода — дейтонов, выполненными в Кэвендишской лаборатории и послужившими источником ряда важнейших направлений, принятых исследователями в наши дни.

Таковы лишь немногие примеры развития научных идей Резерфорда, которые на протяжении нескольких десятилетий освещают путь ученых к «атомному веку».

При изучении деятельности Резерфорда прежде всего бросается в глаза удивительная целеустремленность и последовательность, с какой ученый двигался к раскрытию одной из величайших тайн природы — тайны строения и свойств атома.

Каждая его работа была не только замечательным открытием, но и важным звеном в длинной и, вероятно, нескончаемой цепи научных достижений, ведущих человечество к покорению атома.

Резерфорд стоит в ряду великих ученых, которые в различных странах воздвигали грандиозный фундамент современной физики и техники. В России выдающийся вклад в наши познания о веществе внес Д. И. Менделеев, во Франции — супруги Кюри, в Швейцарии — Альберт Эйнштейн, в Голландии — Лоренц, в Дании — Нильс Бор, в Италии — Ферми. Сюда можно было бы добавить еще десятки и сотни имен замечательных исследователей из многих стран.

Называя Резерфорда основоположником ядерной физики, нельзя забывать, что его открытия были сделаны на плодородной почве, подготовленной трудами многих таких же выдающихся ученых, а также целой армии исследователей, имена которых мы не знаем. Тем не менее такие достижения великого ученого, как теория радиоактивности, ядерная модель атома, ядерные реакции и многие другие, открыли перед физикой ясные пути прогресса.

Сейчас, наблюдая величайшие успехи ядерной физики, в результате которых человечество вступает в новый век атомной энергии, мы еще более отчетливо представляем себе важность пионерных работ Резерфорда и его многочисленных учеников из разных стран мира.

Выдающийся советский физик академик И. В. Курчатов, выступая в 1956 году в английском центре ядерных исследований в Харуэлле, назвал Эрнеста Резерфорда великим основателем современного учения об атомном ядре. В этих словах представителя передовой науки, которая добилась величайших достижений во всех областях мирного применения атомной энергии и в развитии новейших представлений в ядерной физике, дана объективная оценка роли Резерфорда в науке, какой она представляется для ученых всех стран.

Заслугами перед наукой Резерфорд при жизни добился высших почестей, которые только могут ждать ученого. Но он

был нечувствителен к ним. Самым дорогим для него были не почести, а будничная работа в лаборатории, общение с учениками, чтение лекций, в которых он с увлечением раскрывал перед слушателем все новые и новые стороны сложного мира атома.

* * *

Вестминстерское аббатство, 1958 год. Прошло более 20 лет со дня смерти Резерфорда. Многие англичане и иностранцы считают своим долгом побывать в этой старинной церкви, под величественными сводами которой похоронены выдающиеся ученые Великобритании.

Могила Резерфорда с простым надгробием, напоминающим о великой скромности ученого, находится рядом с могилами Ньютона, Фарадея и Дарвина.

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Фарадей и Резерфорд	3
Жизнь в Новой Зеландии	6
Распад вещества	10
Радиоактивность и частицы	14
Альфа-частицы — это атомы гелия	19
Модель атома	23
Нобелевская премия	26
Искусственные ядерные реакции	30
Ядерные реакции, нейтроны и атомная энергия	36
Резерфорд и его ученики	39

Научный редактор доктор физико-математических наук

Е. М. Балабанов

Редактор Т. Ф. Исланкина

Техн. редактор А. П. Берлов

Корректор Н. М. Краснопольская

Автор

Иосиф Борисович Файнбойм

А08610. Подписано к печати 3/IX 1958 г. Тираж 53.000 экз. Изд. № 77
 Бумага 60×92¹/₁₆—1,5 бум. л.=3 п. л. Учетно-изд. 2,8 л. Заказ 2745

Типография изд-ва «Знание», Новая пл., д. 3/4

К ЧИТАТЕЛЯМ

Издательство «Знание» Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний просит присылать отзывы об этой брошюре по адресу: Москва, Новая площадь, д. 3/4.

К ЧИТАТЕЛЯМ — ПОДПИСЧИКАМ НА БРОШЮРЫ-ЛЕКЦИИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЗНАНИЕ»

Издательство «Знание» информирует подписчиков,
что в 1959 году будут выпускаться следующие
10 серий брошюр-лекций:

Серия		Количество брошюр	Цена за год	Цена за полугодие
Первая	— Историческая	40	24 руб.	12 руб.
Вторая	— Философская	40	24 »	12 »
Третья	— Экономическая	40	24 »	12 »
Четвертая	— Научно-техническая . .	36	21 р. 60 к.	10 р. 80 к.
Пятая	— Сельскохозяйственная .	32	16 р. 20 к.	8 р. 10 к.
Шестая	— По вопросам литературы и искусства . .	24	12 руб.	6 руб.
Седьмая	— Международная	24	14 р. 40 к.	7 р. 20 к.
Восьмая	— По вопросам биологии и медицины	24	14 р. 40 к.	7 р. 20 к.
Девятая	— По вопросам химии и физики	28	16 р. 20 к.	8 р. 10 к.
Десятая	— Молодежная	12	7 р. 20 к.	3 р. 60 к.

Подписка принимается городскими и районными отделами «Союзпечать», конторами, отделениями и агентствами связи, почтальонами, а также общественными уполномоченными по подписке на фабриках, заводах, в совхозах и колхозах, в учебных заведениях и учреждениях.

*Издательство «ЗНАНИЕ»
Всесоюзного общества по распространению
политических и научных
знаний.*