

можно взять ртуть в жидком или газообразном состоянии. В жидком состоянии ртуть — хороший проводник электричества. Один способ представления этой проводимости состоит в предположении, что корпускулы оставляют атомы ртути и странствуют по промежуткам между атомами. Если на эти заряженные корпускулы действует электрическая сила, то они приходят в движение и образуют электрический ток, при чем проводимость жидкой ртути указывает на присутствие большого числа корпускул. Когда же ртуть в газообразном состоянии, то ее электропроводность, как доказал Стрэтт, представляет чрезвычайно малую долю проводимости, свойственной тому же числу жидких молекул. Это указывает на то, что даже атомы электроположительного вещества, подобно ртути в газообразном состоянии, могут терять сравнительно мало корпускул. Теперь предположим, что у нас большое число атомов одного рода в газообразном состоянии, движущихся по всем направлениям и приходящих во взаимное столкновение. Те, которые движутся быстрее и потому сталкиваются сильнее, будут легче терять корпускулы, чем движущиеся медленнее. Первые, благодаря потере своих корпускул, становятся положительно заряжены, и, если атомы не слишком электроположительны, чтобы удерживать отрицательный заряд даже в газообразном состоянии, то выделенные корпускулы стремятся пристать к атомам, движущимся медленнее.

Таким образом, некоторые из атомов, будут заряжены положительно, другие отрицательно, и атомы с противоположными зарядами соединятся в двухатомные молекулы. Это не применимо к весьма электроположительным газам. Они не образуют молекул; но, так как в газе много свободных корпускул, то можно ожидать, что он обладает значительной электропроводностью.

## ГЛАВА VI.

### РАДИОАКТИВНОСТЬ И РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА. <sup>1)</sup>

В 1896 году Беккерель (Becquerel) открыл, что уран и его соли обладают способностью выделять лучи, которые, подобно лучам Рентгена и катодным лучам, действуют на фотографическую пластинку и делают газ, через который они проходят, проводником электричества.

В 1898 г. Шмидт (Schmidt) открыл, что торий обладает подобными же свойствами. Эта способность выделять лучи называется радиоактивностью, а вещества, обладающие этой способностью, называются радиоактивными.

Это свойство урана подало повод к тщательному исследованию большого числа минералов, содержащих это вещество, и г. и г-жа Кюри (Curie) нашли, что некоторые из них и особенно некоторые виды смоляной обманки более радиоактивны, чем равные объемы чистого урана, хотя только часть этих минералов состояла из урана. Это указывало на то, что эти минералы содержат вещество или вещества гораздо более радиоактивные, чем самый уран, и начато было систематическое исследование с целью изолирования этих веществ. После долгих исследований, которые г. и г-жа Кюри вели с удивительным искусством и настойчивостью в сотрудничестве гг. Бэмона (Bémont) и Дебиерна (Debiern), им удалось установить существование трех новых радиоактивных веществ в смоляной обманке: радий, связанный в минерале с барием и весьма похожий на него по своим химическим свойствам полоний, связанный с висмутом, и актиний, с торием. Им удалось изолировать первый из них и определить атомный вес, оказавшийся равным 225. Спектр его был открыт и исследован Демарсе (Demarçay). Полоний и актиний до сих пор еще не изолированы, и спектры их

<sup>1)</sup> Эта глава была написана в то время, когда учение о радиоактивных процессах только начинало развиваться, так что она имеет теперь только исторический интерес.

не исследованы. Активность полония оказалась преходящей: она исчезает через несколько месяцев после его получения.

Эти радиоактивные вещества встречаются не только в редких минералах. Недавно я нашел, что многие виды воды из глубоких колодцев содержат радиоактивный газ, а Эльстер и Гейтель (Elster a. Geitel) нашли, что подобный газ содержится в почве.

Эти радиоактивные вещества должны оказать величайшие услуги при исследовании вопросов, касающихся природы атома и изменений, происходящих в атоме от времени до времени. Ибо свойства этих веществ так резко выражены, что сравнительно легко открыть чрезвычайно малые количества их. Количество этих веществ, могущих быть открытыми, относится к соответствующему количеству других веществ, которые можно открыть обыкновенными способами химического анализа, как одна секунда к тысячам лет. Поэтому перемены, которые в нерадиоактивных веществах должны бы происходить в течение почти геологических эпох, пока они станут достаточно заметны, могут в радиоактивных веществах вызывать заметные действия в течение немногих часов.

#### ХАРАКТЕР ИЗЛУЧЕНИЯ.

Рёзерфорд нашел, что излучение урана состоит из трех различных типов, которые он называет лучами  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ , а затем найдено то же самое для тория и радия.

Излучение  $\alpha$  весьма легко поглощается и не способно проникать более, чем на несколько миллиметров, в воздух при атмосферном давлении. Излучение  $\beta$  проникает гораздо сильнее, а излучение  $\gamma$  обладает наибольшей из всех способностью проникновения. Исследования над действием магнитных и электрических сил на эти три типа излучений показали, что они имеют совершенно различный характер. Беккерель показал, что лучи  $\beta$  отклоняются электрическими и магнитными силами, и направление отклонения показывает, что лучи несут заряд отрицательного электричества. Пользуясь методом, описанным в главе IV, он определил величину  $\frac{e}{m}$ , отношение заряда к массе носителей отрицательного электричества; он нашел, что оно составляет около  $10^7$  и что скорость для некоторых лучей больше двух третей скорости света. Таким образом, он доказал, что лучи  $\beta$  состоят из корпускул, движущихся с поразительной скоростью.

Лучи  $\alpha$  далеко не так легко отклоняются, как лучи  $\beta$ , но Рёзерфорд недавно показал, что они могут отклоняться в на-

правлении, показывающем, что они несут положительный заряд. Он находит, и его измерения были подтверждены Декудром (Des Coudres), что отношение  $\frac{e}{m}$  равно  $6 \times 10^3$ ,<sup>1)</sup> и скорость этих частиц составляет  $2 \times 10^9$  в секунду. Величина  $\frac{e}{m}$  показывает, что носители положительного заряда имеют массы, сравнимые с массами обыкновенных атомов: так, для водорода  $\frac{e}{m}$  равно  $10^4$ , а для гелия— $2,5 \times 10^3$ . Необыкновенная скорость, с которой выбрасываются эти частицы, предполагает громадное потребление энергии, к чему мы ниже возвратимся. Один из наиболее интересных выводов из этого факта состоит в том, что величина  $\frac{e}{m}$  показывает, что выделяемые атомы не атомы радия, так что радий должен быть соединением, содержащим более легкие элементы, или же атом радия распадается на такие элементы. Величина  $\frac{e}{m}$  для лучей  $\alpha$ , полученная Рёзерфордом и Декудром, указывает на существование газа, который тяжелее водорода, но легче гелия. Лучи  $\gamma$ , насколько нам известно, не отклоняются ни магнитными ни электрическими силами.

Радиоактивные вещества имеют большое сходство с веществом, выделяющим вторичные лучи под влиянием лучей Рентгена. Как известно, вторичные лучи содержат лучи типов  $\beta$  и  $\gamma$ , и часть лучей чрезвычайно легко поглощается и проникает в воздух при атмосферном давлении не далее одного миллиметра. Поэтому возможно, что более близкое исследование покажет, что лучи  $\alpha$ , т. е. частицы, заряженные положительно, здесь также присутствуют. Эта аналогия поднимает вопрос, не освобождается ли энергия, когда лучи Рентгена попадают на тело. Это, как мы увидим, бывает в радиоактивных веществах, когда энергия, выделяемая излучающими веществами, больше энергии рентгеновых лучей, падающих на них. Этот избыток энергии происходит от изменений, имеющих место в атомах тела, подверженного действию рентгеновых лучей. Этот вопрос заслуживает исследования, так как оно может указать способом действием внешних сил освобождать энергию, заключенную в атоме, что радиоактивные тела делают самопроизвольно.

<sup>1)</sup> Теперь доказано, что  $\alpha$ -частицы представляют собой атомы гелия, лишенные двух электронов. (Прим. ред.)

## ЭМАНАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.

Рёзерфорд открыл, что торий выделяет нечто радиоактивное, увлекаемое воздушными течениями, как-будто это газ. Чтобы не предрешать вопроса о физическом состоянии вещества, выделяемого радием, Рёзерфорд назвал его „эманацией“. Эманация может проходить через воду или сильнейшую кислоту и нагреваться до температуры раскаленной платины, не теряя нисколько своей радиоактивности. Этой кособолью она похожа на газы аргон и гелий, из коих последний почти всегда находится в соединении с торием. Радиоактивность эманации тория весьма непостоянна и падает до половины своей величины почти в одну минуту.

Супруги Кюри нашли, что радий также выделяет радиоактивную эманацию, которая гораздо устойчивее выделяемой торием, так как она теряет половину своей активности почти в четыре дня.

Повидимому, с полным основанием можно думать, что эти эманации представляют радиоактивное вещество в газообразном состоянии. Они могут увлекаться воздушными течениями с одного места на другое. Подобно газам они проникают через пористую пробку со скоростью, показывающей, что их плотность очень велика. Они диффундируют постепенно через воздух и другие газы. Коэффициент диффузии эманации радия через воздух был измерен Рёзерфордом и мисс Брукс (Brooks), которые пришли к заключению, что плотность эманации — около 80. Эманация радия превращена в жидкость Рёзерфордом и Содди, и я, благодаря любезности проф. Дьюара (Dewar), имел возможность обратить в жидкость радиоактивный газ, полученный из воды глубоких колодцев, очень похожий на эманацию и, вероятно, тождественный с нею. Одним словом, эманации выдерживают всякое испытание, которым можно доказать их газообразное состояние. Правда, они не могут быть открыты ни обыкновенными химическими методами ни спектральным анализом, но это лишь потому, что они получаются в крайне малых количествах даже для того, чтобы их можно было открыть спектральным анализом. Этот метод оказывается слишком грубым в сравнении с электрическими методами, которые мы можем применить к радиоактивным веществам. Я думаю, что не будет преувеличением сказать, что электрическим методом с достоверностью можно открыть количество радиоактивного вещества, меньшее одной стотысячной доли наименьшего количества, которое можно открыть спектральным анализом.

Всякая часть соли радия или тория даст эманацию все равно, находится ли эта часть на внутренней или внешней стороне соли, но эманация, идущая изнутри соли, не выделяется в воздух, но остается заключенной в соли и скопляется там. Когда такая радиоактивная соль разлагается в воде, то сначала развивается большее количество эманации, которая была скрыта в твердой соли. Эманацию можно извлечь из воды кипячением или пропусканием воздуха через нее. Скрытую эманацию можно также извлечь из солей в твердом виде, нагревая их до высокой температуры.

Индукцированная радиоактивность. <sup>1)</sup>

Рёзерфорд открыл, что вещества, подверженные действию эманации тория, становятся радиоактивными, а супруги Кюри почти одновременно открыли, что тем же свойством обладает эманация радия. Это явление называется индукцированной радиоактивностью. Количество ее не зависит от природы вещества, в котором она индуцируется. Так, бумага становится так же радиоактивна, как металл, в соприкосновении с эманациями тория или радия.

Индукцированная радиоактивность развивается именно на веществах, заряженных отрицательно. Так, если эманация содержится в замкнутом сосуде, в котором находится отрицательно заряженная проволока, то индукцированная радиоактивность сосредоточивается на этой проволоке и может быть обнаружена на отрицательно заряженных телах, когда она слишком слаба, чтобы быть замеченной на незаряженных поверхностях. Тот факт, что природа индукцированной радиоактивности не зависит от вещества, в котором она индуцируется, указывает на то, что она происходит от радиоактивной материи, которая выделяется из эманации на веществах, к которым она прикасается.

Дальнейшее подтверждение этого представляет опыт мисс Гэтс (Gates), состоявший в том, что индуцированная на тонкой проволоке радиоактивность выделялась путем накаливания проволоки и осаждалась на поверхности заряженных предметов. Радиоактивность, индуцированная эманацией тория, существенно отличается от индуцированной активности эманации радия. Активность эманации тория в одну минуту падает до половины своей величины, тогда как

<sup>1)</sup> Индукцированная радиоактивность представляет собой радиоактивные продукты распада эманации. (Прим. ред.).

индуцированная ею радиоактивность требует около одиннадцати часов, чтобы уменьшиться в той же пропорции. Эманация радия, которая гораздо постояннее эманации тория, требуя около четырех дней для уменьшения на половину, дает начало гораздо менее постоянной индуцированной радиоактивности: она падает до половины своей величины приблизительно в сорок минут вместо одиннадцати часов, как эманация тория. Эманация актиния сохраняет свою активность лишь несколько секунд, а зависящая от нее индуцированная радиоактивность почти так же постоянна, как активность радия.

#### Выделение активной составной части тория.

Резерфорд и Содди весьма интересным и важным исследованием показали, что радиоактивность тория вызывается переходом тория в форму, называемую ими ThX, которая может отделяться от остального тория химическим способом. После этого отделения оставшийся торий на некоторое время лишается большей части своей радиоактивности, которая теперь находится в ThX. Радиоактивность тория X медленно убывает, тогда как активность остального тория возрастает, пока не достигнет своей первоначальной величины. В это время радиоактивность ThX исчезает. Время, необходимое для падения радиоактивности ThX до половины первоначальной величины, по определению Резерфорда и Содди, равно времени, необходимому для тория, от которого ThX отделился, чтобы восстановить половину его первоначальной активности. Все эти факты поддерживают взгляд, что радиоактивная часть тория ThX постоянно порождается самым торием; так что, если бы активность ThX была постоянна, то радиоактивность тория должна бы была постоянно возрастать. Но активность ThX постоянно убывает. Это исключает неограниченное возрастание активности смеси. Она достигает постоянной величины, когда возрастание активности, благодаря возникновению нового ThX, уравновесится падением активности наличного количества. Здесь возникает вопрос о том, что делается с ThX и эманацией, когда они потеряют свою радиоактивность. Этот отмирающий ThX, как мы можем его назвать, постоянно собирается в торий. Но так как он потерял свою радиоактивность, то мы располагаем только обыкновенными методами химического анализа. А так как последние почти бесконечно менее чувствительны, чем средства, применяемые нами к радиоактивным веществам, то необхо-

димы почти геологические периоды, чтобы отмирающий ThX скопился в количестве, достаточном для его обнаружения химическим анализом. Возможно, что тщательное исследование минералов, в которых встречаются торий и радий, может дать важные указания. Замечательно, что гелий почти неизменно входит в состав этих минералов.

Вы, вероятно, заметили, что радиоактивность, обнаруженная Резерфордом и Содди, тесно связана с изменениями, происходящими в радиоактивном веществе. Так, в тории, который известен нам лучше всех, сначала происходит превращение его в торий X, затем превращение последнего в эманацию и вещество, образующее лучи  $\alpha$ . Радиоактивность эманации сопровождается дальнейшим превращением, к продуктам которого относится вещество, вызывающее индуцированную радиоактивность.

По этому воззрению, вещество в радиоактивном состоянии постоянно превращается из одного состояния в другое. Эти превращения могут сопровождаться освобождением энергии, достаточной для пополнения унесенной лучами, выделяемыми радиоактивным веществом. Как велико количество энергии, выделяемой радиоактивными веществами, с очевидностью показывают недавние опыты супругов Кюри с солями радия. Они нашли, что эти соли выделяют столько энергии, что поглощение ее самой солью достаточно для поддержания постоянной температуры соли выше температуры воздуха на весьма заметную величину — в одном из их опытов на  $1,5^{\circ}\text{C}$ . Из их измерений следует, что грамм радия выделяет в час энергии, достаточной для того, чтобы нагреть такое же количество воды от точки замерзания до точки кипения. Это развитие теплоты идет непрерывно и, видимо, не уменьшаясь. Если же только-что изложенные нами взгляды верны, то эта энергия возникает от превращения радия в другие формы материи, и ее развитие должно прекратиться, когда запас радия истощится; если только этот запас не пополняется постоянным превращением в радий других элементов.

Мы можем определить приблизительно вероятную долговечность образца радия, соединяя наши результаты, а именно, что грамм радия выделяет 100 калорий в час и что лучи  $\alpha$  по Резерфорду представляют частицы, массы которых сравнимы с массой атома водорода, выбрасываемой со скоростью около  $2 \times 10^9$  сантиметров в секунду. Ибо допустим, что теплота, измеренная супругами Кюри, происходит от бомбардировки соли радия этими частицами; чтобы получить высший предел долговечности радия, допустим далее, что вся масса радия превращается в частицы  $\alpha$  (на самом деле, как мы

знаем, кроме частиц  $\alpha$  возникает также эманация). Пусть будет  $x$  долговечность грамма радия в часах; так как грамм выделяет в час 100 калорий или  $4,2 \times 10^9$  эргов, то количество энергии, выделяемой радием в течение его жизни, равно  $x \times 4,2 \times 10^9$  эргов. Если  $N$  есть число частиц  $\alpha$ , выделенных в это время,  $m$  — масса одной из них в граммах,  $v$  — скорость, то энергия частиц  $\alpha$  равна  $\frac{1}{2} Nmv^2$ , но она равна также  $x \times 4,2 \times 10^9$  эргам, поэтому  $\frac{1}{2} Nmv^2 = x \times 4,2 \times 10^9$ . Но, если грамм радия обращается в частицы  $\alpha$ , то  $Nm = 1$ , а по опытам Резерфорда  $v = 2 \times 10^9$ . Поэтому  $x = \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \times 10^{18}}{4,2 \times 10^9} = \frac{10^9}{2,1}$  часов или почти 50 000 лет.

По этому определению следует ожидать, что долговечность известного количества радия измеряется 50 000 лет. Этот результат показывает, что мы не можем ожидать, что в течение нескольких месяцев откроем заметные перемены. Грамм радия в течение всей своей жизни выделит около  $5 \times 10^{10}$  калорий. Этот результат показывает, что, если эта энергия происходит от превращений в состоянии радия, то энергия, развиваемая при этих превращениях, должна быть гораздо больше энергии, развиваемой при какой-либо известной химической реакции. По принятой нами теории различие между процессами в радии и обыкновенными химическими реакциями состоит в том, что в последних изменения молекулярные, а в радии — атомистические и проявляются в разложении элементов. Пример, данный на стр. 70 показывает, как велико количество энергии, заключенное в атоме, если считать его построенным из корпускул.

Я думаю, что нам удастся лучше осветить процессы, происходящие в радии, если мы рассмотрим модель атома, описанную на стр. 77 и представляющую случай, когда корпускулы, вращаясь с большой скоростью, устойчивы при известном расположении, которое становится неустойчиво, когда энергия падает ниже известной величины, и заменяется иным расположением. Волчок, вращающийся около вертикальной оси, представляет другую модель того же типа. Он устойчив в вертикальном положении, если кинетическая энергия, зависящая от его вращения, превосходит известную величину. Если эта энергия постепенно убывает и достигает критической величины, то волчок становится неустойчивым и опрокидывается, вызывая значительное количество кинетической энергии.

Проследим поведение атома этого типа, т. е. атома, который в одной конфигурации равномерного движения устойчив, когда кинетическая энергия корпускул превышает известную величину, но становится неустойчивым и переходит к отличной конфигурации, когда кинетическая энергия падает ниже этой величины.

теперь, что атом сначала обладает запасом кинетической энергии много выше критической величины. Благодаря излучению быстро движущихся корпускул, кинетическая энергия будет убывать; но, пока движение остается равномерным, убывание будет чрезвычайно медленно и может длиться тысячи лет, пока энергия приблизится к критической величине. С приближением к этой величине движение будет легко нарушено, и, вероятно, произойдут значительные отклонения от расположения равномерного движения, сопровождаемые возрастающей потерей кинетической энергии через излучение. Теперь атом выделяет гораздо большее число лучей, и кинетическая энергия быстро приближается к критической величине. По достижении этой величины наступает переворот, первоначальное расположение нарушается, потенциальная энергия системы сильно уменьшается, сопровождаясь равным возрастанием кинетической энергии корпускул. Увеличение скорости корпускул может вызвать разрыв атома на две или более систем, соответствующих выделению лучей  $\alpha$  и эманации.

Мы предполагали, что энергия, излучаемая радием и другими радиоактивными веществами, происходит из внутреннего источника, т. е. вследствие изменений в составе атома. Так как изменения этого рода до сих пор не были известны, то желательно исследовать вопрос, из каких других источников может происходить эта энергия. Один источник, который представляется сам собою, лежит вне радия. Можно допустить, что радий получает свою энергию, поглощая известную форму излучения, которая проникает чрез все тела на поверхности земли, но поглощается до известной степени лишь радиоактивными телами. Это излучение должно быть очень пронизывающего характера, так как радий сохраняет свою активность, даже окруженный толстым слоем свинца или помещенный в глубоком погребе. Мы знакомы с лучами Рентгена и лучами самого радия, которые могут вызывать заметные действия после прохождения через несколько дюймов свинца, так что идея о существовании весьма пронизывающей радиации не кажется столь невероятной, как это было несколько лет тому назад. Интересно припомнить, что более ста лет тому назад Лесаж (Le Sage) предполагал весьма пронизывающее излучение, чтобы объяснить тяготение. Лесаж принимал, что вселенная наполнена чрезвычайно малыми частицами, которые движутся с очень большими скоростями. Он назвал их ультрамиро-

выми корпускулами и допускал, что они обладают способностью проникать через такие массы, как солнце или планеты, испытывая лишь небольшое поглощение. Однако, они поглощаются до известной степени и отдают небольшую долю своего движения телам, через которые они проходят. Если бы направление ультрамировых корпускул, проходящих через тело, было распределено равномерно, то движение, сообщенное ими телу, не стремилось бы двигать его в одном направлении более, чем в другом, так что тело А, будучи одиноко в мире и подвержено бомбардировке корпускул Лесажа, оставалось бы в покое. Если же по соседству от А находится другое тело В, то В задержит от А некоторые корпускулы, движущиеся в направлении ВА, так что А не получит столько движения в этом направлении, как оно получило бы, будучи одно в поле; но лишь в последнем случае оно получило бы в этом направлении достаточное количество движения, чтобы уравновесить его. Таким образом, в присутствии В количество движения в противоположном направлении получит перевес, так что А будет двигаться в направлении АВ, т. е. будет притягиваться к В. Максвелл обратил внимание на то, что передача движения корпускулами Лесажа телу, через которое они проходят, должна вызывать потерю кинетической энергии корпускулами; и если бы потеря движения была достаточна для объяснения тяготения, то кинетическая энергия, потерянная ультрамировыми корпускулами, была бы достаточна, чтобы, превращаясь в теплоту, довести тяготеющее тело до белого каления. То обстоятельство, что все тела не находятся в состоянии белого каления, послужило для Максвелла аргументом против теории Лесажа. Однако, нет необходимости предполагать, что энергия корпускул превращается в теплоту; мы можем представить себе, что она превращается в сильно пронизывающее излучение, которое может выделяться из тяготеющего тела. Простое вычисление может показать, что количество кинетической энергии, превращаемой в секунду в одном грамме тяготеющего тела, должно быть неизмеримо больше энергии, выделяемой в то же время одним граммом радия.

Мы видели в первой главе, что волны электрической и магнитной силы обладают количеством движения в направлении их распространения. Поэтому корпускулы Лесажа можно заменить сильно пронизывающими лучами Рентгена. Последние, будучи поглощены, сообщили бы движение телам, через которые они проходят, и соображения, подобные данным Лесажа, показали бы, что два тела взаимно притягиваются обратно пропорционально квадрату расстоя-

ния между ними. Если бы поглощение этих волн на единицу объема зависело только от плотности и было пропорционально ей, то притяжение между телами было бы прямо пропорционально произведению их масс. Следует заметить, что по этой теории всякие изменения в тяготении распространялись бы со скоростью света, тогда как астрономы, по их мнению, установили, что оно распространяется с гораздо большей скоростью.

Как в корпускулах Лесажа, так и в лучах Рентгена потеря движения должна сопровождаться потерей энергии; на каждую единицу потерянного движения пришлось бы  $v$  единиц потерянной энергии, если  $v$  есть скорость света. Если бы эта энергия превратилась в энергию лучей того же типа, как падающие лучи, то небольшое размышление покажет, что поглощение лучей не вызвало бы гравитационного притяжения. Чтобы вызвать такое притяжение, превращенные лучи должны бы были быть более пронизывающего типа, чем первоначальные лучи. Затем, как и в корпускулах Лесажа, поглощение энергии от этих лучей, если они служат причиной тяготения, должно быть огромно, — так велико, что энергия, выделяемая радием, была бы лишь чрезвычайно малой долей энергии, превращенной в радию. По этим соображениям, я думаю, что количество энергии, излучаемой радием, не может быть серьезным аргументом против допущения, что энергия происходит от внешнего излучения. Основание, заставляющее меня думать, что источник энергии находится в самом атоме радия, а не вне его, состоит в том, что радиоактивность веществ во всех случаях, когда мы могли ее локализовать, была преходящим свойством. Ни одно вещество не бывает радиоактивно долгое время. Но можно спросить, как согласовать это утверждение с тем обстоятельством, что торий и радий сохраняют свою активность без заметного уменьшения с течением времени. На это можно ответить, что, как это доказали для тория Резерфорд и Содди, лишь чрезвычайно малая часть массы радиоактивна в данное время, и эта часть теряет свою активность в несколько часов и должна быть заменена новым запасом из нерадиоактивного тория. Все радиоактивные вещества, описанные нами, ThX, эманации тория и радия, вещество, вызывающее индуцированную радиоактивность, активны по большей мере в течение нескольких дней и затем теряют это свойство. Но этого следовало ожидать по теории, принимающей, что источником радиоактивности служит превращение в атоме; но этого нельзя ожидать, если источником является внешнее излучение.