

**Э. Резерфорд**  
**ХИМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА  $\alpha$ -ЧАСТИЦ, ИСПУСКАЕМЫХ**  
**РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ**  
**Нобелевская лекция, прочитанная в Королевской Академии наук**  
**в Стокгольме 11 декабря 1908 г.**  
**(1908 г.)**

Исследование свойств  $\alpha$ -лучей сыграло выдающуюся роль в развитии науки о радиоактивности и привело к пониманию целого ряда фактов и зависимостей первостепенного значения. По мере накопления экспериментальных данных все более обнаруживалось, что значительная часть радиоактивных явлений тесно связана с испусканием  $\alpha$ -частиц. В этой лекции будет сделана попытка дать краткий исторический обзор развития наших знаний об  $\alpha$ -излучении и проследить долгий и трудный путь, пройденный экспериментаторами при решении сложной проблемы химической природы  $\alpha$ -частиц. Впервые  $\alpha$ -лучи были обнаружены в 1899 г. виде излучения особого типа, и в течение последних 6 лет проводились настойчивые исследования этой важной проблемы, решение которой пришло тогда, когда казалось, что все силы штурмующих уже иссякли.

Вскоре после того, как Беккерель открыл фотографическим методом излучательную способность урана, он показал, что урановое излучение, как и рентгеновские лучи, обладает свойством разряжать наэлектризованное тело. При подробном исследовании этого свойства я, изучая зависимость скорости разряда от числа слоев тонкой алюминиевой фольги, помещенных над поверхностью слоя окиси урана, пришел к выводу о наличии двух видов излучения. Выводы в то время были сформулированы следующим образом [1]:

«Эти эксперименты показывают, что урановое излучение имеет сложный состав и что существует по крайней мере два вида излучения: одно, легко поглощающееся, которое мы будем для удобства называть  $\alpha$ -излучением, и другое, обладающее большей проникающей способностью, названное  $\beta$ -излучением». После того как были открыты другие радиоактивные вещества, оказалось, что их излучения аналогичны  $\alpha$ - и  $\beta$ -лучам урана, а когда Вийяр обнаружил еще более проникающее излучение радия, оно получило название  $\gamma$ -излучения. Эти названия вскоре стали общепринятыми, как удобные обозначения трех различных видов излучений, испускаемых ураном, радием, торием и актинием. На первых порах  $\alpha$ -лучам вследствие их незначительной проникающей способности не придавали большого значения, главное внимание было направлено на более проникающие  $\beta$ -лучи. После появления активных препаратов радия Гизель в 1899 г. показал, что  $\beta$ -лучи, испускаемые этими препаратами, легко отклоняются магнитным полем в том же направлении, что и поток катодных лучей, несущих отрицательный заряд;

следовательно,  $\beta$ -лучи представляют собой также поток отрицательно заряженных частиц. Доказательство тождественности  $\beta$ -частиц и электронов, образующих катодные лучи, завершил в 1900 г. Беккерель, который показал, что  $\beta$ -частицы, испускаемые радием, имеют почти такую же малую массу, как и электроны, и что они испускаются со скоростью, сравнимой со скоростью света. Время не позволяет мне остановиться на более поздней работе Кауфмана и других работах по этому вопросу, которые намного расширили наши знания о структуре и массе электронов.

Между тем дальнейшие исследования показали, что ионизация, наблюдаемая вблизи неэкранированного радиоактивного вещества, в основном обусловлена  $\alpha$ -частицами и что большая часть энергии излучается в виде  $\alpha$ -лучей. В 1901 г. Резерфорд и Маккланг рассчитали, что 1 г радия излучает большую часть энергии в виде  $\alpha$ -лучей.

Возрастающее признание значения  $\alpha$ -лучей в явлениях радиоактивности привело к попыткам выяснить природу этого легко поглощаемого вида излучения. В 1901 г. Стрэтт, а в 1902 г. Вильям Крукс высказали предположение, что  $\alpha$ -лучи, по-видимому, частицы с положительным зарядом. К тому же выводу пришел независимо от них и я, исходя из рассмотрения многих данных. Если это справедливо, то  $\alpha$ -лучи должны отклоняться в магнитном поле. Предварительные измерения показали, что отклонение весьма незначительно, если вообще оно существует. Опыты продолжались с перерывами в течение двух лет, только в 1902 г., когда мы получили препарат радия с активностью в 19 000, я смог убедительно показать, что  $\alpha$ -частицы отклоняются в магнитном поле, хотя и в гораздо меньшей степени, чем  $\beta$ -лучи. Это доказало, что  $\alpha$ -излучение заключается в испускании заряженных частиц, а направление отклонения в магнитном поле показало, что каждая частица несет положительный заряд. Отклонение  $\alpha$ -частиц наблюдалось также в электрическом поле, и по величине отклонения был сделан вывод, что скорость самых быстрых частиц равна около  $2,5 \cdot 10^9$  см/сек, или 1/12 скорости света, тогда как величина  $e/m$  — отношение заряда частицы к ее массе — равна 6000 эл.-магн. ед. Из данных по электролизу воды сейчас известно, что значение  $e/t$  для атома водорода равно 9650. Если  $\alpha$ -частица несет такой же заряд, как и заряд атома водорода, то масса  $\alpha$ -частицы должна быть приблизительно вдвое больше массы атома водорода. Вследствие сложного состава лучей эти результаты следует считать только приближенными. Но эксперименты ясно показали, что масса  $\alpha$ -частицы порядка массы атома и они могут в конце концов оказаться либо атомами водорода или гелия, либо атомами какого-то неизвестного элемента с малым весом. Такие опыты повторно провел де Кудр в 1903 г., а Беккерель обнаружит фотографическим методом отклонение  $\alpha$ -лучей в магнитном поле.

Доказательство того факта, что  $\alpha$ -частицы действительно представляют собой заряженные атомы вещества, вылетающие с огромной скоростью, сразу же пролило яркий свет на природу радиоактивных процессов и, в частности, на серию других важных исследований, которые велись мною тогда же в лаборатории в Монреале совместно с Ф. Содди. Если бы время позволило,

было бы интересно рассмотреть несколько подробнее сущность этих исследований, которые послужили прочным основанием для построения общепринятой теперь «теории превращений» в учении о радиоактивности.

На основе подробного исследования тория, радия и урана Резерфорд и Содди пришли к заключению, что радиоактивные тела находятся в состоянии превращения, в результате чего образуется ряд новых веществ, полностью отличающихся по своим химическим и физическим свойствам от исходного элемента. Из независимости скорости превращения от химических и физических воздействий следует, что превращения носят атомный, а не молекулярный характер. Было показано, что каждое из этих новых тел теряет свои радиоактивные свойства по определенному закону. Даже до открытия материальной сущности  $\alpha$ -лучей считали вероятным, что излучение, испускаемое любым конкретным веществом, сопровождается разрушением его атомов. Доказательство того, что  $\alpha$ -частица представляет собой выбрасываемый атом вещества, сразу же подкрепило этот вывод и в то же время дало более конкретное и определенное представление о процессах, происходящих в радиоактивном веществе. Наша точка зрения того времени ясна из следующей цитаты [2], утверждения которой с небольшими изменениями справедливы и сейчас:

«На основе полученных к настоящему времени данных можно сделать вывод, что начало последовательности химических превращений, протекающих в радиоактивных телах, обусловлено испусканием  $\alpha$ -лучей, т. е. выбрасыванием из атома тяжелой заряженной массы. Остающаяся часть нестабильна и претерпевает дальнейшие химические изменения, которые в свою очередь сопровождаются испусканием  $\alpha$ -лучей, в некоторых случаях — также  $\beta$ -лучей.

Свойство радиоактивных тел, по-видимому, самопроизвольно испускать большие массы с огромными скоростями подтверждает ту точку зрения, что атомы этих веществ представляют собой, по крайней мере частично, быстро вращающиеся или колеблющиеся системы тяжелых заряженных тел, больших по сравнению с электроном. Внезапный выброс этих масс с орбиты может произойти под действием внутренних или внешних сил, о которых мы в настоящее время ничего не знаем».

Рассмотрим объяснение превращений, происходящих в радии. Предполагается, что каждую секунду небольшая доля атомов радия становится неустойчивой, распадаясь с силой взрыва. Осколки атома ( $\alpha$ -частицы) вылетают с большой скоростью, а остаток атома, вес которого уменьшился, становится атомом нового вещества — эманации радия. Атомы этого вещества намного менее устойчивы, чем атомы радия, и снова взрываются, выбрасывая  $\alpha$ -частицы. В результате получается атом радия А, и, таким образом, процесс распада продолжается по длинной цепи ступеней.

Могу здесь лишь мимоходом сослаться на большое число работ, выполненных различными экспериментаторами для исследования длинного ряда превращений радия, тория и актиния, на связь между радием и ураном и на открытие Болтвудом долго разыскиваемого и неуловимого

предшественника радия — иония. Эта сторона вопроса необычайно интересна и важна, но имеет лишь косвенное отношение к предмету моей лекции. Было обнаружено, что огромное большинство переходных элементов, получающихся при превращениях урана и тория, распадается с выбрасыванием  $\alpha$ -частиц. Однако несколько элементов выбрасывают лишь  $\beta$ -частицы, а некоторые оказываются «безлучевыми», т. е. подвергаются изменениям без испускания  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц. Необходимо предположить, что в этих последних случаях атомы распадаются с испусканием  $\alpha$ -частиц, скорость которых слишком мала, чтобы их можно было обнаружить, или, что более вероятно, процесс атомной перестройки происходит без испускания материальных частиц атомных размеров.

Другое поразительное свойство распада радия, как было вскоре замечено, также связано с испусканием  $\alpha$ -частиц. В 1903 г. П. Кюри и Лаборд показали, что радий — самонагревающееся вещество и температура его всегда выше температуры окружающего воздуха. С самого начала казалось возможным, что этот эффект должен быть результатом нагревания, вызванного бомбардировкой радия  $\alpha$ -частицами. Рассмотрим шарик радия, помещенный в трубку. Из всех частей нашего шарика  $\alpha$ -частицы вылетают в равной степени, и вследствие их малой проникающей способности все застревают в самом радии или в стенках трубки. Энергия движения  $\alpha$ -частиц превращается в теплоту. С этой точки зрения радий подвергается сильной и непрерывной бомбардировке своими собственными частицами и нагревается своим собственным излучением. Это подтвердила работа Резерфорда и Барнса в 1903 г., которые показали, что  $3/4$  эффекта нагрева радия обусловлено не непосредственно радием, а продуктом его распада — эманацией и что каждое из различных веществ, образующихся в радии, выделяет тепло пропорционально энергии испускаемых им  $\alpha$ -частиц. Эти опыты убедительно показали, как огромна по сравнению с содержанием материи энергия, которая выделяется при превращении эманации. Можно легко подсчитать, что 1 кг эманации радия и ее продуктов могут первоначально выделять энергию, отвечающую 14000 л.с., и на протяжении своей жизни выделяют энергию, соответствующую 80 000 л.с. в день.

Таким образом, стало ясно, что эффект самонагревания радия — явление главным образом вторичное, обусловленное бомбардировкой собственными  $\alpha$ -частицами. Стало очевидным, что все радиоактивные вещества должны выделять теплоту пропорционально количеству и энергии  $\alpha$ -частиц, испускаемых за 1 сек.

Теперь необходимо рассмотреть другое открытие первостепенной важности. Обсуждая следствия теории распада, Резерфорд и Содди обратили внимание на тот факт, что любое стабильное вещество, образующееся в результате превращения радиоактивных элементов, должно присутствовать в радиоактивных минералах, в которых процессы превращения происходят на протяжении всего времени их существования. Это предположение впервые было выдвинуто в 1902 г. [3]. «В свете этих результатов и выдвинутой точки зрения на природу радиоактивности естественно возникают мысли о том, не

может ли быть связано присутствие гелия в минералах и его постоянное нахождение совместно с ураном и торием с их радиоактивностью». И еще [4]: «Поэтому следует предположить, что если какие-либо из неизвестных конечных продуктов превращения радиоактивного элемента газообразны, они должны, вероятно в больших количествах, оказаться поглощенными в естественных минералах, содержащих этот элемент. Это подкрепляет уже высказанное нами ранее [3] предположение, что гелий, по-видимому, конечный продукт распада одного из радиоактивных элементов, поскольку он обнаруживается только в радиоактивных минералах».

В то же время было признано вполне вероятным, что  $\alpha$ -частицы сами могут оказаться атомами гелия. Так как в то время можно было получить только слабо радиоактивные препараты, не представлялось возможным проверить, действительно ли гелий образуется радием. Примерно через год благодаря доктору Гизелю из Брауншвейга экспериментаторы получили препараты чистого бромида радия. В 1903 г., используя 30 мг препарата Гизеля, Рамзай и Содди смогли убедительно показать, что гелий содержится в радии, полученном несколько месяцев назад, и что эманация образует гелий. Это открытие представляло величайший интерес, так как оно позволило выяснить, что в дополнение к ряду переходных элементов превращения радия приводят также к устойчивой форме вещества.

Сразу же возникает фундаментальный вопрос о месте гелия в схеме превращений радия. Является ли гелий их последним, конечным продуктом или же он возникает на какой-либо другой стадии? В письме в «Nature» [5] я указал, что гелий, по-видимому, происходит из  $\alpha$ -частиц, выбрасываемых  $\alpha$ -активными продуктами распада радия, и сделал приблизительную оценку скорости образования гелия из радия. Было подсчитано, что количество гелия, образованного 1 г радия, должно составлять от 20 до 200 мм<sup>3</sup> в год, но, вероятно, ближе к верхней оценке. Имевшихся тогда для расчета данных было недостаточно, но интересно отметить, что недавно установленная Дж. Дьюаром (в 1908 г.) скорость образования гелия 134 мм<sup>3</sup> в год ненамного отличается от рассчитанного тогда наиболее вероятного значения.

Эти оценки скорости образования гелия были изменены позднее, когда были получены новые и более точные данные. В 1905 г. я измерил заряд, переносимый  $\alpha$ -частицами с тонкой пленки радия. Предполагая, что каждая  $\alpha$ -частица имеет ионный заряд, измеренный Дж. Дж. Томсоном, я показал, что в 1 сек из 1 г собственно радия вылетает  $6,2 \cdot 10^{10}$   $\alpha$ -частиц, и вчетверо больше этого числа, когда радий находится в равновесии со своими тремя  $\alpha$ -активными продуктами распада. Скорость образования гелия, вычисленная по этим данным, составляла 240 мм<sup>3</sup> из 1 г в год.

Между тем благодаря замечательным исследованиям Брэгга, а также Климана в 1904 г. наши познания о характере поглощения  $\alpha$ -частиц веществом существенно расширились. Давно известно, что по сравнению с  $\beta$ -лучами поглощение  $\alpha$ -частиц веществом во многих отношениях различно. Брэгг показал, что эти различия возникают потому, что  $\alpha$ -частицы благодаря большой энергии движения не отклоняются, подобно  $\beta$ -частицам, от своего

пути, а распространяются почти прямолинейно, ионизуя на своем пути молекулы. С тонкой пленки вещества определенного вида все  $\alpha$ -частицы вылетают с одной и той же скоростью и теряют свою ионизационную способность внезапно после прохождения конечного расстояния в воздухе. С этой точки зрения скорость  $\alpha$ -частиц уменьшилась при прохождении через вещество на одинаковую величину. Эти выводы Брэгга были подтверждены моими экспериментами с помощью фотографического метода. В качестве источника лучей была использована тонкая пленка радия С, осажденного из эманации радия на тонкой проволочке. Исследованием отклонения лучей в магнитном поле было установлено, что лучи однородны и выбрасываются с поверхности проволоки с одинаковой скоростью. Было обнаружено, что при прохождении лучей через экран из слюды или алюминия скорость всех  $\alpha$ -частиц уменьшилась на одну и ту же величину, но прошедший пучок все еще оставался однородным.

Был замечен интересный результат. Все  $\alpha$ -частицы явно теряют свои характерные свойства — способность ионизовать газы, фосфоресцировать и действовать на фотоэмульсию строго одновременно, хотя все еще продолжают двигаться со скоростью 9000 км/сек. При этой критической скорости  $\alpha$ -частицы внезапно исчезают из нашего поля зрения, и мы дальше не способны следить за ними с помощью тех методов наблюдения, которыми располагаем.

Применение однородного источника  $\alpha$ -лучей, подобного радю С, сразу же обеспечило более точное определение величины  $e/m$  для  $\alpha$ -частицы. Тем самым можно было выяснить, согласуется ли эта величина с предположением, что  $\alpha$ -частицы представляют собой заряженные атомы гелия. В результате ряда экспериментов я доказал, что  $\alpha$ -частицы независимо от того, чем они испускаются—радием, торием или актинием, тождественны по массе и должны состоять из одного и того же вида вещества.

Скорости  $\alpha$ -частиц, вылетающих из различных активных веществ, изменяются в сравнительно узких пределах, но значение  $e/m$  постоянно и равно 5070. Эта величина незначительно отличается от первоначально найденного значения. Трудность при истолковании полученного результата возникает сразу же. Мы знаем, что для атома водорода  $e/m = 9650$ . Если  $\alpha$ -частица несет такой же положительный заряд, как и атом водорода, то из значения  $e/m$  для  $\alpha$ -частицы следует, что ее масса вдвое больше массы атома водорода, т. е. равна массе молекулы водорода. По-видимому, совершенно неправдоподобно, чтобы в результате атомного взрыва водород вылетал в молекулярном, а не в атомном состоянии. Но если  $\alpha$ -частица несет вдвое больший заряд, чем атом водорода, то ее масса должна быть около 4, т. е. примерно совпадать с массой атома гелия.

Я предположил, что  $\alpha$ -частица, по всей вероятности, атом гелия, несущий две единицы заряда. С этой точки зрения каждое радиоактивное вещество, испускающее  $\alpha$ -частицы, должно быть источником гелия. Это сразу же объясняет результат, наблюдавшийся Дебьерном, а именно: актиний образует гелий так же, как и радий. Как было отмечено, наличие у атома

гелия двойного заряда в силу приведенных ниже причин не совсем неправдоподобно.

Хотя данные в целом решительно подтверждали точку зрения, что  $\alpha$ -частица есть атом гелия, все же очень трудно было получить убедительное экспериментальное доказательство этого соответствия. Если бы можно было доказать экспериментально, что  $\alpha$ -частица действительно несет две единицы заряда, то такое соответствие получило бы серьезное подтверждение. С этой целью Резерфорд и Гейгер разработали электрический метод непосредственного подсчета  $\alpha$ -частиц, испускаемых радиоактивными веществами. Ионизация газов, производимая одной  $\alpha$ -частицей, чрезвычайно мала, и обнаружить ее электрическим методом можно лишь с помощью очень совершенной методики. Мы прибегли к автоматическому методу увеличения ионизации, производимой  $\alpha$ -частицей. Для этой цели было создано устройство, позволяющее  $\alpha$ -частицам пролетать сквозь маленькое отверстие в сосуд с воздухом или другим газом при низком давлении, находящимся под действием электрического поля, напряжение которого близко к тому, при котором происходит искрение. В этих условиях ионы, возникающие при прохождении  $\alpha$ -частицы через газ, при столкновениях образуют большое число новых ионов. Таким образом, оказалось возможным увеличить в несколько тысяч раз электрический эффект, вызванный  $\alpha$ -частицей. Попадание  $\alpha$ -частиц в сосуд, где производится опыт, затем обнаруживалось по внезапному отклонению стрелки электрометра. Этот прием был развит в точный метод подсчета числа  $\alpha$ -частиц, пролетающих за известное время через маленькое отверстие сосуда. Так было найдено полное число  $\alpha$ -частиц, вылетающих в 1 сек из любой тонкой пленки радиоактивного вещества. Так было показано, что 1 г собственно радия и его  $\alpha$ -активных продуктов, находящихся с ним в равновесии, испускает  $3,4 \cdot 10^{10}$   $\alpha$ -частиц в 1 сек.

Точность этого метода была доказана с помощью совершенно отличающегося от него другого метода подсчета. Крукс, Эльстер и Гейтель показали, что  $\alpha$ -частицы, попадая на экран из фосфоресцирующего сернистого цинка, вызывают много вспышек (сцинтилляций). Используя специально приготовленные экраны, Резерфорд и Гейгер при помощи микроскопа подсчитали число этих сцинтилляций в 1 сек. Было установлено, что в пределах ошибки опыта число сцинтилляций на экране в 1 сек равно числу ударяющихся в него  $\alpha$ -частиц, подсчитанных электрическим методом. Таким образом, стало ясно, что каждая  $\alpha$ -частица вызывает видимую вспышку на экране и что как электрический, так и оптический методы могут служить для подсчета  $\alpha$ -частиц. Кроме той цели, для которой проводились эти эксперименты, их результаты представляют большой интерес, поскольку впервые оказалось возможным обнаружить единичный атом вещества по его электрическому или химическому действию. Конечно, это возможно только благодаря большой скорости  $\alpha$ -частицы.

Зная из опытов по подсчету  $\alpha$ -частиц, испускаемых радием, их число, можно определить заряд, переносимый каждой  $\alpha$ -частицей, путем измерения суммарного положительного заряда, перенесенного всеми выброшенными

$\alpha$ -частицами. Установлено, что каждая  $\alpha$ -частица несет положительный заряд в  $9,3 \cdot 10^{-10}$  эл.-стат. ед. На основании экспериментальных данных о заряде, переносимом ионами газов, было сделано заключение, что заряд  $\alpha$ -частицы равен двум единицам заряда и что единичный заряд, переносимый атомом водорода, равен  $4,65 \cdot 10^{-10}$  эл.-стат. ед. Из сравнения известных значений  $e/m$  для  $\alpha$ -частицы и для атома водорода следует, что  $\alpha$ -частица представляет собой выброшенный атом гелия, несущий два заряда, или, говоря иначе,  $\alpha$ -частица после нейтрализации ее заряда и есть атом гелия.

Данные, полученные при подсчете числа  $\alpha$ -частиц, позволяют просто определить величины многих важных радиоактивных параметров. Было установлено, что расчетные значения продолжительности жизни радия, объема эманации и теплового эффекта радия превосходно согласуются с экспериментальными данными. Проверка точности этих методов произошла вскоре после опубликования этих результатов. Предполагая, что  $\alpha$ -частица — это атом гелия, Резерфорд и Гейгер подсчитали, что из 1 г радия, находящегося в равновесии (с его эманацией), за год должно получиться  $158 \text{ мм}^3$  гелия. Дж. Дьюар в 1908 г. провел длительное экспериментальное измерение скорости образования гелия из радия и показал, что из 1 г радия, находящегося в равновесии (с его эманацией), за год получается около  $134 \text{ мм}^3$  гелия. Если учесть трудности исследования, экспериментальная и расчетная величины совпадают хорошо, и это весьма убедительно подтверждает тождественность  $\alpha$ -частицы и атома гелия.

Хотя целый ряд рассмотренных нами данных не оставляет сомнения в том, что  $\alpha$ -частицы — это выброшенные атомы гелия, все же хотелось иметь решающее и неоспоримое доказательство этого взаимоотношения. Можно было бы, например, предположить, что  $\alpha$ -частица появляется в результате распада атома радия точно так же, как и атом эманации, и что он не имеет прямой связи с  $\alpha$ -частицей. Если атом гелия выделяется одновременно с испусканием  $\alpha$ -частицы, эксперимент и расчет могут совпадать и в том случае, когда  $\alpha$ -частица представляет собой атом водорода или какого-нибудь неизвестного вещества.

Чтобы опровергнуть это возможное возражение, необходимо показать, что  $\alpha$ -частицы, собранные совершенно независимо от активного вещества, из которого они вылетают, приводят к гелию. Имея в виду эту цель, недавно (1908 г.) Резерфорд и Ройдс осуществили несколько экспериментов [6]. Они поместили большое количество эманации в стеклянную трубку со столь тонкими стенками, что  $\alpha$ -частицы легко проходили сквозь них, хотя и были непроницаемы для эманации. Попадая в наружный стеклянный запаянный сосуд,  $\alpha$ -частицы постепенно заполняли откачанное пространство между трубкой с эманацией и наружным сосудом. Через несколько дней в последнем наблюдался яркий спектр гелия. Однако против опыта имеется возражение. Возможно, что наблюдаемый гелий диффундировал из эманации сквозь тонкие стеклянные стенки. Это возражение опровергается тем фактом, что замена эманации еще большим объемом самого гелия не дает даже следов гелия. Можно, таким образом, уверенно сделать вывод, что именно  $\alpha$ -частицы

вызывают появление гелия и они-то и есть атомы гелия. Дальнейшие опыты показали, что когда  $\alpha$ -частицы, проходя сквозь стеклянные стенки, попадают на тонкий лист свинца или олова, то через несколько часов бомбардировки из этих металлов всегда можно выделить гелий.

Сопоставляя все данные, делаем заключение, что  $\alpha$ -частица — это выброшенный атом гелия, который имеет или каким-то образом приобретает во время полета две единицы заряда положительного электричества. Несколько неожидан тот факт, что атом одноатомного газа—гелия—может иметь двойной заряд. Однако не следует забывать, что  $\alpha$ -частица вылетает с высокой скоростью вследствие сильного атомного взрыва и на своем пути проходит через молекулы вещества. Такие условия исключительно благоприятствуют освобождению непрочно присоединенных электронов из атомной системы. Если  $\alpha$ -частица может на своем пути потерять два электрона, то тем самым объясняется ее двойной положительный заряд.

Мы видели, что есть полное основание считать  $\alpha$ -частицы, столь свободно вылетающие из огромного большинства радиоактивных веществ, тождественными по массе и строению и что они должны состоять из атомов гелия. Следовательно, мы приходим к выводу, что атомы первичных радиоактивных элементов, таких как уран и торий, должны быть построены, по крайней мере частично, из атомов гелия. Эти атомы высвобождаются на определенных стадиях превращений со скоростью, не зависящей от воздействий, возможных в лабораторных условиях. Есть полное основание считать, что в большинстве случаев в процессе атомного взрыва испускается единичный атом гелия. Так, несомненно, происходит в случае самого радия и ряда его продуктов.

С другой стороны, Бронсон обратил внимание на то, что в некоторых случаях, а именно в случае эманации актиния и тория, по-видимому, одновременно вылетают соответственно два или три атома гелия. Без сомнения, эти исключения станут в будущем предметом тщательных исследований. Интересно отметить, что сам уран, видимо, должен испускать две  $\alpha$ -частицы, например, из каждого продукта своего распада. Зная число атомов гелия, испускаемых атомом каждого продукта, можно сразу же определить атомный вес этих продуктов. Так, в ряду уран — ионий — радий уран испускает две  $\alpha$ -частицы, а каждый из шести следующих  $\alpha$ -активных продуктов — по одной, т. е. всего восемь  $\alpha$ -частиц. Если атомный вес урана равен 238,5, то атомный вес иония должен составлять 230,5, радия — 226,5, эманации — 222,5 и т. д.

Интересно отметить, что атомный вес радия, определенный таким путем, точно согласуется с самыми последними экспериментальными данными. Атомный вес конечного продукта радия, полученного при превращении радия F (полония), должен быть равен  $238,5 - 8 \cdot 4 = 206,5$  — значение, близкое к атомному весу свинца. На основании изучения анализов древних урановых минералов Болтвуд довольно давно предположил, что свинец, по всей вероятности, продукт превращений урано-радиевого ряда. Совпадение чисел, конечно, поразительное, однако, прежде чем можно будет

считать это предположение определенно установленным фактом, необходимо получить прямое доказательство образования свинца из радия.

Совершенно необыкновенен тот факт, что химически инертный элемент, гелий, играет столь выдающуюся роль в структуре атомных систем урана, тория и радия. Вполне возможно, что это свойство гелия образовывать самые сложные атомы некоторым образом связано с его неспособностью вступать в обычные химические соединения. Не следует забывать, что уран, торий и каждый из продуктов их превращения должны рассматриваться как различные химические элементы в обычном смысле. Они отличаются от обычных элементов сравнительной неустойчивостью своих атомных систем. Атомы разрушаются самопроизвольно с большой силой, испуская во многих случаях с большой скоростью атом гелия. Все данные противоречат той точке зрения, что уран, торий или радий можно рассматривать как обычные молекулярные соединения гелия с известным или неизвестным элементом и что это соединение разлагается с выделением гелия. Характер радиоактивных превращений и их независимость от температуры и других воздействий не похожи на обычные химические изменения.

Уран, торий и радий, за исключением радиоактивности и большого атомного веса, не проявляют никаких особенных отличий в своем химическом поведении. Радий, например, по общим химическим свойствам очень близок к барию. Поэтому нет оснований отвергать предположение, что и другие элементы, быть может, построены частично из гелия, хотя отсутствие у них радиоактивности, возможно, не позволит получить определенного доказательства этой гипотезы. С этой точки зрения может оказаться существенным то, что атомные веса многих элементов отличаются на 4 (атомный вес гелия) или кратны 4. К сожалению, время слишком ограничено, чтобы обсудить подробнее эти и другие интересные вопросы, возникшие в связи с установлением химической природы  $\alpha$ -частиц.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Rutherford E. Philos. Mag., 1899, January 116.
2. Rutherford E. Philos. Mag., 1903, February 106.
3. Rutherford E. Philos. Mag., 1902, 582.
4. Rutherford E. Philos. Mag., 1902, April, 453.
5. Rutherford E. Nature, 1903, August 20.
6. Rutherford E., Royds T. Mem. Manchester Liter, and Philos. Soc., 1908, IV.