

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

Физ 101

О ВОЗМОЖНОМ НАХОЖДЕНИИ ЭЛЕМЕНТА С АТОМНЫМ НОМЕРОМ ВЫШЕ 92*

Е. Ферми, Рим

До последнего времени обычно допускалось, что атом, полученный путем искусственного разложения элементов, должен представлять собой устойчивый изотоп. Однако И. Кюри и Ф. Жолио нашли данные, опровергающие это допущение; они показали, что в некоторых случаях получающийся атом может оказаться радиоактивным, т. е. обладающим измеримым периодом полураспада и переходящим в устойчивую форму только после испускания позитрона.

Число элементов, которые могут быть активированы ударом α -частицы (Жолио), протона (Коккрофт, Гильберт, Уолтон) или дейтона (Крае, Лауритсен, Гендерсон, Ливингстон, Лауренс), неизбежно ограничивается тем фактом, что вследствие наличия кулоновых сил отталкивания могут быть разложены только наиболее легкие из элементов.

Это ограничение недействительно в том случае, когда в качестве бомбардирующих частиц применяются нейтроны. Высокой эффективностью действия этих частиц в отношении производимого ими разложения вполне компенсируется слабость источника нейтронов, по сравнению с источниками α -частиц, или протонов. Действительно, как показывают соответствующие опыты**, большое число элементов (47 из 68 исследованных до сих пор) любого атомного веса могут быть активированы с помощью даже такого простого источника нейтронов, как стеклянная трубочка, наполненная порошком бериллия и радием (около 800 милликюри). Производительность такого источника составляет приблизительно 1 млн. нейтронов в секунду.

Все элементы, активированные таким способом, обнаружили в своем излучении только отрицательные электроны. Теоретически это вполне объяснимо, так как захват бомбардирующего нейтрона ядром создаст внутри него излишек в числе нейтронов, и устойчивое состояние может быть достигнуто только через превращение

* Nature, 1934, перевод А. А. Ильиной.

** E. Fermi, Ricerca Scientifica 1, 5, 283, 6, 33; Nature 113, 757, 1934, E. Amaldi, O. D'Agostino, E. Fermi, F. Rasetti, E. Segre, Ricerca Scientifica 8, 452, 1934.

нейтрона в протон, которое неизбежно связано с испусканием β -частицы.

В немногих случаях оказалось возможным произвести химическое отделение β -активного элемента, следуя обычной технике приращения к излучающему веществу небольших количеств родственных элементов. Эти элементы отделяются затем химическим путем и отдельно контролируются на β -активность с помощью гейгер-мюллеровского счетчика. Активность всегда сопутствует определенному элементу, с которым, таким образом, может быть отождествлен и активный элемент. В трех случаях (алюминий, хлор, кобальт) активный элемент, образованный посредством бомбардировки элемента с атомным номером Z , имеет атомный номер $Z - 2$. В четырех случаях (фосфор, сера, железо, цинк) атомный номер активного продукта оказался $Z - 1$ и, наконец, в двух случаях (бром, иод) активный элемент оказался изотопом бомбардируемого элемента.

Эти данные, повидимому, указывают на то, что возможны три процесса: а) захват нейтрона с мгновенным испусканием α частицы, б) захват нейтрона с испусканием протона, с) захват нейтрона с испусканием γ -кванта, освобождающего ядро от излишка энергии.

С теоретической точки зрения вероятность процессов „а“ и „б“ зависит главным образом от энергии, испускаемой α - или n -частицами и в еще большей степени от атомного веса элемента. Вероятность процесса „с“ при теперешнем состоянии ядерной теории можно оценить только очень грубо.

Представляется целесообразным направить особое внимание на исследование тяжелых радиоактивных элементов тория и урана, так как наибольшая неустойчивость этих тяжелых ядер может дать начало целой цепи последующих превращений. Исходя из этого автором в сотрудничестве с Ф. Разетти (F. Rasetti) и О. д'Агостино (O. D'Agostino) и было предпринято исследование тяжелых элементов.

Опыт показал, что оба элемента, предварительно очищенные от обычных активных примесей, могут быть сильно активированы ударами нейтронов. Начальная наведенная активность отвечала в наших экспериментах 1 000 импульсам в минуту в гейгер-мюллеровском счетчике, сделанном из алюминиевой фольги 0,1 мм толщиной. Кривые спада этой активности указывают на сложность происходящего процесса. Ориентировочный анализ кривых активности тория обнаруживает в этом элементе по меньшей мере два периода.

Лучше всего был исследован уран. Здесь твердо установлены периоды примерно в 10, 40 сек., 13 мин. и, наконец, два периода от 40 мин. до одного дня. Вследствие значительной неопределенности кривых распада, обусловленной статистическими флуктуациями, очень трудно установить, отвечают ли эти периоды последовательным или альтернативным процессам распада.

Были сделаны попытки идентифицировать химически β -активный элемент с периодом 13 мин. Сущность этих изысканий состоит в

прибавлении к излучающему веществу (азотнокислый уран в концентрированном растворе, очищенный от продуктов распада) такого количества обычного β -активного элемента, которое давало бы около сотни импульсов в минуту в счетчике. Если бы удалось доказать, что наведенная активность, которую можно узнать по характерному для нее периоду, может быть химически отделена от прибавляемой активности, то вполне допустимо было бы считать, что эти активности происходят не от изотопов.

Ниже приведено описание реакции, которая дает возможность определить 13-минутный продукт от наиболее тяжелых элементов. Облученный урановый раствор разбавляется на 50% азотной кислотой, затем к нему прибавляется небольшое количество соли марганца, который посредством прибавления NaCl осаждается из кипящего раствора в виде двуокиси (MnO_2). Осадок двуокиси марганца, полученный таким путем, уносит с собой значительный процент активности.

Эта реакция доказывает прежде всего, что 13-минутная активность не является изотопом урана. Чтобы исключить возможность происхождения этой активности от элемента 90 (торий) или 91 (паладий), мы повторили эту реакцию по меньшей мере 10 раз с прибавлением некоторого количества урана $X_1 + X_2$, дающего около 2000 импульсов в минуту. Кроме того было прибавлено некоторое количество церия и лантана.

При этих условиях марганцевая реакция давала только 13-минутную активность. Никаких следов 2000 импульсов урана X_1 (период 24 дня) в осадке не было найдено. То же самое оказалось и для урана X_2 (период 75 сек.), хотя все операции производились менее чем в 2 мин. после осаждения двуокиси марганца, так что несколько сот импульсов, даваемых ураном X_2 , были бы легко различимы.

Подобные же отрицательные результаты дал контроль на радий (88) и актиний (89). Для этого контроля применялся мезоторий 1 и 2, прибавлялся барий и лантан. Результаты, как и в предыдущих случаях, были определенно отрицательны. Окончательное осаждение урана X_1 и мезотория 1, которое не давало β -лучей, проникающих достаточно, чтобы быть замеченными нашим счетчиком, должно было бы обнаруживаться последующим образованием соответственно урана X_2 и мезотория 2.

Наконец, мы прибавляли к облученному урановому раствору некоторое количество неактивного свинца или висмута и доказали, что условия реакции двуокиси марганца могут быть подобраны таким образом, что можно добиться осаждения двуокиси марганца с 13-минутной активностью без малейших следов свинца или висмута в осадке.

Нам кажется, что с помощью всех этих операций мы исключили какую-либо возможность того, что исследуемое 13-минутное активное вещество является изотопом урана (92), протактиния (91), тория (90), актиния (89), радия (88), висмута (83) и свинца (82). Его поведение исключает также экаций (87) и эманацию (86).

Эти результаты, отрицающие идентичность 13-минутного активного вещества с большим числом тяжелых элементов, наводят на мысль о возможности того, что атомный номер найденного элемента может быть больше чем 92.

Если, действительно, это элемент с атомным номером 93, то он должен быть химическим гомологом марганца и рения. Это предположение подтверждается до некоторой степени также тем наблюдением, что 13-минутная активность обнаруживалась также в осадке сульфида рения, нерастворимого в соляной кислоте. Однако вследствие того факта, что редкие элементы также легко осаждаются этим способом, эти данные не могут считаться вполне надежными.

Возможность атомного номера 94 и 95 трудно отличить от предыдущей, так как химические свойства таких элементов, вероятно, были бы совершенно подобны элементу 93.

Ценные сведения об этих запутанных процессах могут быть получены посредством исследования возможного испускания тяжелых частиц. До сих пор этого еще не проделано, так как для их наблюдения требуется, чтобы активный продукт был в виде очень тонкого слоя.

Из всего вышеизложенного следует, что в настоящее время еще рано создавать определенные гипотезы о запутанных процессах распада искусственно полученных тяжелых атомов.
