

Л. И. РУСИНОВ и А. А. ЮЗЕФОВИЧ

ИСПУСКАНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ ИЗОМЕРАМИ РАДИОАКТИВНОГО БРОМА

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 1 II 1939)

В последнее время было обнаружено мягкое электронное излучение с энергией $\sim 30\ 000\text{ eV}$, сопровождающее радиоактивные превращения изомерных ядер брома (1). Это излучение было предложено трактовать как электроны внутренней конверсии, которые получаются в результате перехода метастабильного изомерного ядра брома в основное состояние. В данной работе была поставлена задача доказать справедливость выказанного предположения.

Гипотеза о конверсионном происхождении мягкого излучения требует испускания характеристических рентгеновских лучей в процессе распада радиоактивного брома. В результате вылета электрона при конверсии из оболочки атома должна происходить ее перестройка и испускание рентгеновских лучей.

Опыты по обнаружению рентгеновских лучей производились следующим образом. Радиоактивный бром получался путем облучения медленными нейтронами бромистого этила и выделялся по методу химического обогащения. Мишень помещалась в электромагнит с площадью полюсов $12 \times 6\text{ см}^2$, в котором можно было создавать поле в 6 000 гаусс. Излучение брома обнаруживалось счетчиком Гейгера-Мюллера с толщиной стенки в $10\ \mu\text{ Al}$ и наполненного Ag при давлении в 400 мм. Напряжение на счетчике было около 3 000 V.

При включении магнитного поля в счетчик не могли попадать электроны распада радиоактивного брома, так как максимальная энергия этих электронов равна 2 eMV, а расстояние между счетчиком и мишенью составляло 3 см. На опыте однако мы обнаружили при включенном поле достаточно большое число отбросов в счетчике. Уже из предварительных опытов было видно, что кроме γ -лучей, сопровождающих β -распад брома и имеющих энергию в несколько сот eKV, радиоактивная мишень испускает электромагнитное излучение с малой энергией. Это излучение совершенно поглощалось фильтром в 1 мм Pb.

Дальнейшие исследования показали, что активность рентгеновского излучения уменьшалась с периодом в 4 часа. Рентгеновские лучи следовательно испускаются радиоактивным ядром Br_{II} , испытывающим конверсию.

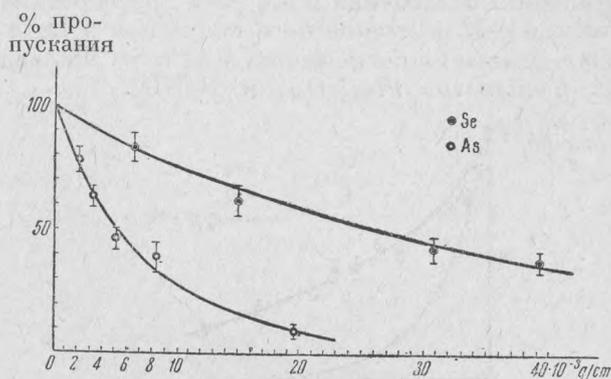
Длина волны найденного электромагнитного излучения определялась методом поглощения. По поглощению этого излучения в алюминии было выяснено, что длина его волны равна примерно 1 Å, что соответствует K_{α} -линии рентгеновского спектра брома.

Для более детального определения длины волны излучения был применен метод так называемых дифференциальных фильтров.

Как известно, рентгеновский спектр брома содержит интенсивные линии K_{α_2} с $\lambda=1041.60$ ХЕ и K_{α_1} с $\lambda=1037.59$ ХЕ. К-излучение брома должно давать скачок коэффициента поглощения при переходе от фильтров из As к фильтрам из Se. Граница К-поглощения Se равна 977.73 ХЕ, граница же К-поглощения As равна 1042.63 ХЕ и в нем уже в отличие от селена будет наблюдаться фотоэлектрическое поглощение рентгеновских лучей. Величина скачка массового коэффициента поглощения, вычисленная по формулам Ионсона и данным Зигбана⁽²⁾, равна 6.9, μ/ρ для К-лучей брома в As равна 199.0, а в Se—28.1.

Фильтры изготовлялись из чистых препаратов As_2O_5 и SeO_2 , которые в растворенном виде наносились на фильтровальную бумагу. Фильтр сушился в вакууме, и количество вещества определялось взвешиванием.

Как видно из фиг. 1, на которой представлены результаты наблюдений, рентгеновские лучи, испускаемые радиоактивным бромом, различно поглощаются в фильтрах из As и Se при равных поверхностных массах фильтров.



Фиг. 1.

Поглощение этих лучей в As в 5 раз больше, чем в Se. Преуменьшенное по отношению к вычисленному значение скачка коэффициента поглощения следует приписать тому обстоятельству, что по условиям опыта мы не могли полностью исключить влияние вторичных рентгеновских лучей, возникающих в фильтре из As. Влияние вторичных рентгеновских лучей было показано специальными опытами.

Отношение числа квантов наблюдаемых рентгеновских лучей к числу электронов распада, испускаемых возбужденным ядром брома, составляет примерно 50%. Число электронов распада определялось по отбросам в счетчике при выключенном магнитном поле. Число квантов рентгеновского излучения определялось по наблюдаемым отбросам и по чувствительности аргонного счетчика. Полученное отношение совпадает с данными о выходе флюоресценции К-уровня брома, который равен 56%. Остальная часть ионизированных атомов испускает Оже-электроны.

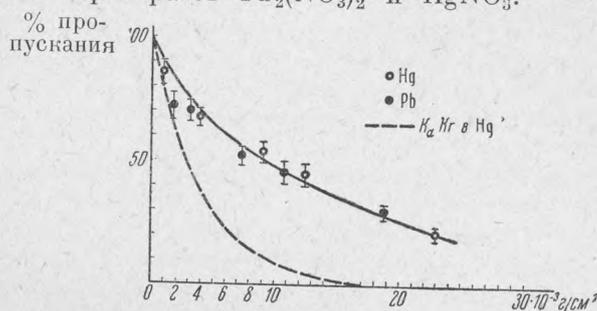
Наблюдаемые рентгеновские лучи не могут быть приписаны захвату К-электрона ядром брома, так как в случае К-захвата рентгеновские лучи испускались бы атомами селена. Длина волны K_{α_2} Se равна 1106.52 ХЕ и K_{α_1} —1102.48 ХЕ. Рентгеновские лучи этих длин волн не могут вызвать флюоресценцию атомов As, и ход поглощения этих лучей в As и Se должен быть одинаковым.

Воспользовавшись наблюдаемым рентгеновским излучением, мы попытались установить схему превращений изомерных ядер брома.

Теоретически возможно, что метастабильное ядро брома сначала переходит в основное состояние путем внутренней конверсии, а затем происходит β -распад. В этом случае конвертирует ядро брома. Возможна и другая схема. Метастабильное ядро брома сначала испускает β -лучи, превращаясь в ядро криптона, а затем возбужденное ядро криптона переходит в основное состояние. В этом случае происходит конверсия ядра криптона. Измерение поглощения рентгеновских лучей в As и Se не может разделить эти схемы превращений, так как длины волн $K_{\alpha 2}$ Kr, равная 982.1 XE, и $K_{\alpha 1}$, равная 978.1 XE, также лежат между K-границами поглощения As и Se. Для выяснения вопроса были поставлены опыты по поглощению рентгеновских лучей в Hg и Pb. Граница поглощения L_{III} в Hg равна 1007.5 XE, а в Pb—949.2 XE.

Рентгеновские лучи Br не будут вызывать флюоресценцию атомов Pb и Hg, а лучи Kr уже смогут вызывать флюоресценцию в Hg. Вычисления показывают, что μ/ρ для K-лучей Br в Hg равно 82.3, а в Pb—86.5, а μ/ρ для K-лучей Kr в Pb равно 74.3, а в Hg—254. В том случае следовательно, когда конверсия происходит в криптоне, должен наблюдаться скачок массового коэффициента ослабления в 3.4 раза при переходе от Pb к Hg.

Опыты по поглощению рентгеновского излучения в Hg и Pb производились аналогично опытам по поглощению в As и Se. Фильтры изготовлялись из чистых препаратов $Pb_2(NO_3)_2$ и $HgNO_3$.



Фиг. 2.

Результаты опытов, представленные на фиг. 2, показывают, что испускаемые рентгеновские лучи одинаково поглощаются в Pb и Hg. Следовательно при ядерной изомерии брома происходит конверсия ядра Br и осуществляется первая схема превращений.

На основании этой работы следует считать, что сделанное ранее предположение о возможности перехода метастабильных ядер в основное состояние путем внутренней конверсии получает экспериментальное подтверждение.

Далее можно считать установленной и схему превращений изомерных ядер брома. Метастабильное ядро брома сначала переходит в основное состояние путем внутренней конверсии и затем следует β -распад.

В дальнейшей работе мы предполагаем произвести детальное количественное сопоставление наблюдаемых экспериментальных фактов с теорией ядерной изомерии.

В заключение приносим искреннюю благодарность проф. И. В. Курчатову за руководство работой.

Физико-технический институт.
Ленинград.

Поступило
5 II 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. И. Русинов и А. А. Юзефович, ДАН, XX, № 9 (1938); см. также Hebb a. Uhlenbeck, Physica, 7, № 7 (1938). ² M. Siegbahn, Spektroskopie der Röntgenstrahlen.