

Г. М. ДРАБКИН и Л. И. РУСИНОВ

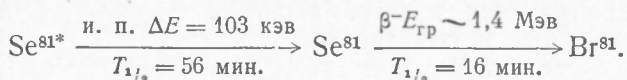
ИССЛЕДОВАНИЕ ЯДЕРНОЙ ИЗОМЕРИИ Se^{81*}

(Представлено академиком Д. В. Скобельцыным 25 III 1954)

Определение мультипольности γ -излучения при изомерных превращениях атомных ядер позволяет произвести сопоставление разности моментов и четности уровней изомерных ядер с системой уровней, вытекающей из модели ядерных оболочек.

В настоящей работе это сопоставление проведено для изомерных ядер Se^{81*} . Энергия возбуждения метастабильных ядер Se^* равна 103 кэв⁽¹⁾. Период полураспада ядер Se^{81*} составляет 56 мин.⁽²⁾ Коэффициент внутренней электронной конверсии на K -оболочке — α_K для Se^{81*} экспериментально не был определен. Предполагается, что при радиоактивном распаде Se^{81*} имеет место схема последовательного распада⁽²⁾.

Для подтверждения схемы последовательного распада нами было показано при помощи магнитного спектрометра, что при радиоактивном распаде селена с $T_{1/2} = 16$ мин., а также с $T_{1/2} = 56$ мин. энергетические распределения электронов β -спектра в пределах ошибок измерений одинаковы. Это обстоятельство указывает на то, что β -излучение с $T_{1/2} = 16$ мин. относится к радиоактивному распаду ядер основного состояния Se^{81} ; метастабильные ядра Se^{81*} распадаются по схеме последовательного распада:



При исследовании γ -излучения радиоактивного селена нами были обнаружены γ -лучи, интенсивность которых уменьшалась с периодом полураспада ~ 56 мин. Энергия γ -квантов этого излучения оказалась равной ~ 100 кэв, что было установлено опытами по поглощению γ -излучения селена с $T_{1/2} = 56$ мин. в фильтрах из меди. Замеченное γ -излучение следует приписать превращению метастабильных ядер Se^{81*} в Se^{81} путем радиационных переходов.

Обнаруженное γ -излучение Se^{81*} было использовано в опытах по определению коэффициентов внутренней электронной конверсии.

Определение коэффициентов внутренней электронной конверсии при изомерном переходе Se^{81*} проводилось следующим методом. При помощи магнитного β -спектрометра в одинаковых экспериментальных условиях определялось отношение числа K -электронов внутренней конверсии, испускаемых препаратом Se^{81*} , к числу $L + M$ -электронов внутренней конверсии, испускаемых препаратом изомерного Ag^{109*} . Выбор в качестве сравнительного элемента изомера Ag^{109*} , который получается в радиоактивном равновесии с долгоживущим Cd^{109} , обусловлен тем, что: 1) коэффициент внутренней электронной конверсии для Ag^{109*} определен с достаточной точностью⁽³⁾; 2) энергия возбуждения метастабильного уровня Ag^{109*} , равная 89,0 кэв, близка к энергии возбуждения

ядер Se^{81*} ($\Delta E = 103$ кэв); 3) расстояние между K -линией Se^{81*} и L -линией Ag^{109*} равно ~ 5 кэв. Результаты измерений спектра электронов

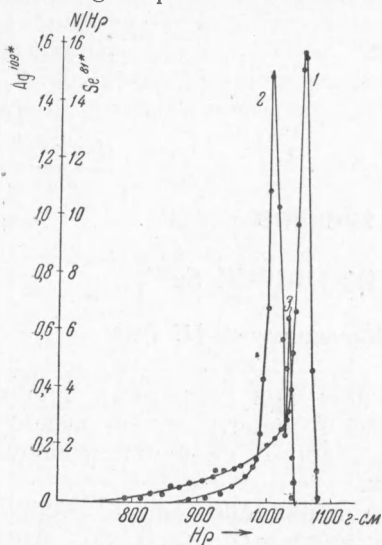


Рис. 1. Спектр K -электронов внутренней конверсии ядер Se^{81*} и $L + M$ -электронов внутренней конверсии ядер Ag^{109*} . 1 — K -линия Se^{81*} ; 2 — L -линия Ag^{109*} ; 3 — M -линия Ag^{109*}

внутренней конверсии, испускаемых препаратами Se^{81*} и Ag^{109*} , представлены на рис. 1. Источники изготовлялись испарением в вакууме и наносились на алюминиевую фольгу толщиной $\sim 10 \mu$. Поверхностная плотность источников была порядка $0,3 \text{ мг/см}^2$. α_K определялся из соотношения

$$\alpha_K \text{Se}^{81*} = \alpha_{L+M} \text{Ag}^{109*} \frac{K_e}{K_\gamma}, \quad (1)$$

где K_e — отношение числа K -электронов внутренней конверсии, испускаемых препаратом Se^{81*} , к числу $L + M$ -электронов внутренней конверсии, испускаемых препаратом Ag^{109*} , определенное при помощи магнитного спектрометра в одинаковых условиях эксперимента; K_γ — отношение интенсивностей γ -излучений, соответствующих изомерным превращениям Se^{81*} в Se^{81} и Ag^{109*} в Ag^{109} для тех же препаратов. Для определения K_γ при помощи γ -счетчика с медным катодом были сняты кривые поглощения γ -излучения, испускаемого более интенсивными препаратами Se^{81*} и Ag^{109*} . Эти препараты были получены из тех же радиоактивных веществ, из которых были изготовлены препараты Se^{81*} и Ag^{109*} , использованные при измерениях в магнитном β -спектрометре. Путем анализа кривых поглощения γ -излучения Se и Ag определялась часть γ -излучения, соответствующая изомерным переходам Se^{81*} и Ag^{109*} . Измерения этих препаратов Se^{81*} и Ag^{109*} производилось в одинаковых экспериментальных условиях; при этом чувствительность γ -счетчика к регистрации γ -квантов с энергией ~ 90 кэв (Ag^{109*}) и ~ 100 кэв (Se^{81*}) практически одинакова (с точностью $\sim 10\%$). При помощи γ -счетчика далее было определено, во сколько раз препараты Se^{81*} и Ag^{109*} , использованные в магнитном β -спектрометре при определении интенсивностей конверсионных линий, слабее соответствующих препаратов Se^{81*} и Ag^{109*} , использованных при исследовании состава γ -излучения. Для Se^{81*} это отношение равно $1/_{149}$, для Ag^{109*} $1/_{146}$. Из полученных таким образом данных можно подсчитать α_K . Для коэффициента внутренней электронной конверсии на K -оболочке селена из соотношения (1) получаем

$$\alpha_K \text{Se}^{81} = 8,6 \pm 2,4;$$

для $\alpha_{L+M} \text{Ag}^{109*}$ принято значение $12,4 \pm 1,0$.

Для определения относительных коэффициентов конверсии на K - и L -оболочках атомов селена на магнитном β -спектрометре проводи-

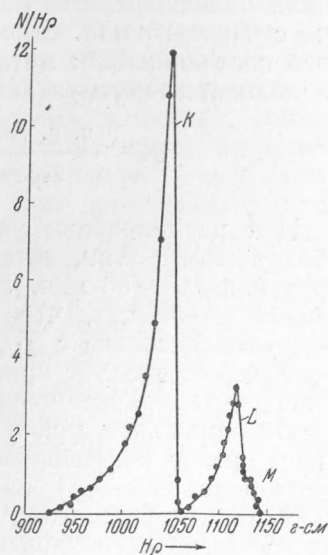


Рис. 2. Спектр электронов внутренней электронной конверсии Se^{81*}

лось измерение конверсионных K - и L -линий, соответствующих изомерному переходу Se^{81*} . В этих опытах препарат Se^{81} толщиной $0,15 \text{ мг/см}^2$ был нанесен на коллоидную пленку $\sim 0,1 \text{ мг/см}^2$. Результаты измерений спектра электронов внутренней конверсии представлены на рис. 2. Для α_K / α_L получено значение $4,0 \pm 0,2$.

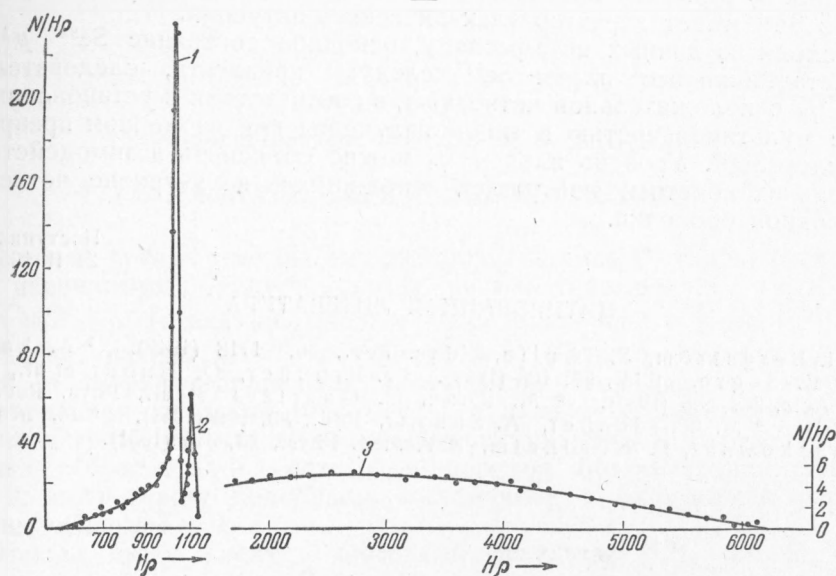


Рис. 3. Спектр электронов внутренней конверсии Se^{81*} и непрерывный β -спектр Se^{81} . 1 — K -линия Se^{81*} , $T_{1/2} = 56$ мин.; 2 — L -линия Se^{81*} , $T_{1/2} = 56$ мин.; 3 — β -спектр Se^{81} , $T_{1/2} \sim 16$ мин.

Для оценки общего коэффициента внутренней электронной конверсии независимым методом при помощи магнитного β -спектрометра был измерен спектр электронов конверсии и непрерывный β -спектр. В этих измерениях толщина источника составляла $\sim 1,5 \text{ мг/см}^2$. Результаты измерений даны на рис. 3. Принимая схему последовательного распада изомерного Se^{81*} и учитывая соотношение между периодами полураспада Se^{81*} и Se , для α_K получаем значение 4 ± 2 . Данное значение α_K , если учитывать ошибки измерений, согласуется со значением α_K , полученным в предыдущем опыте, но является менее точным.

Мультипольность излучения при изомерном переходе Se^{81*} устанавливалась путем сопоставления полученных экспериментальных данных для α_K с теоретически рассчитанными и экстраполированными значениями α_K для $Z = 34$ и $\Delta E = 103 \text{ кэВ}$ ⁽⁴⁾. Рассчитанные α_K для Se^{81*} равны, соответственно: $E2 \sim 0,5$; $M2 \sim 0,5$; $E3 \sim 6$; $M3 \sim 4$; $E4 \sim 50$; $M4 \sim 30$. Из сопоставления экспериментально полученного значения α_K с теоретически рассчитанным следует, что наилучшее согласие получается при предположении, что изомерный переход Se^{81*} сопровождается испусканием излучения типа $E3$. Однако из данных по α_K полностью не исключается излучение типа $M3$.

Для более достоверного установления типа изомерного перехода Se^{81*} можно, ввиду отсутствия теоретических расчетов по релятивистским формулам значений α_K / α_L , воспользоваться качественными эмпирическими кривыми для α_K / α_L , приведенными в работе ⁽⁵⁾. Согласно этим кривым α_K / α_L для $Z = 34$ и $\Delta E = 103 \text{ кэВ}$, соответственно, равны: для $M2 \sim 8$, $M3 \sim 6$, $M4 \sim 3$; $E2 \sim 4$, $E3 \sim 3$, $E4 \sim 1$. Полученные в настоящей работе для Se^{81*} средние значения $\alpha_K = 7,1 \pm 1,5$ и $\alpha_K / \alpha_L = 4,0 \pm 0,2$ могут быть одновременно согласованы с приведенными выше значениями α_K и α_K / α_L для излучений различной мультипольности только

при предположении, что при изомерном превращении Se^{81*} тип излучения $E3$.

Данные о времени жизни изомерных ядер Se^{81*} , вычисленные по формуле, приведенной в (5), в $\sim 10^3$ раз меньше экспериментального значения τ_γ для Se^{81*} при предположении, что излучение при переходе Se^{81*} в Se^{81} имеет характер электрического октуполя.

Исходя из данных по β -распаду, основное состояние Se^{81} $p^{1/2}$ (6). Метастабильным ядрам Se^{81*} следует приписать, следовательно, спин $7/2$ с положительной четностью, в соответствии с установленными выше мультипольностью и типом излучения при изомерном превращении ядер Se^{81*} . Уровень ядра $+7/2$ можно объяснить взаимодействием нескольких нечетных нейтронов, находящихся на g -уровне четвертой нейтронной оболочки.

Поступило
21 II 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ I. Bergström, S. Thulin, Phys. Rev., 76, 1718 (1949). ² A. Langsdorf E. Segre, *ibid.*, 57, 105 (1940). ³ J. Brunner, O. Huber et al., Helv. Phys. Acta, 26, 588 (1953). ⁴ M. Rose, G. Goertzel et al., Phys. Rev., 83, 79 (1951). ⁵ M. Goldhaber, A. Sunyar, *ibid.*, 83, 906 (1951). ⁶ M. Mayer, S. Moszkowski, L. Nordheim, Rev. Mod. Phys., 23, 315 (1951).