

K-328

Phys. Lett., 1966, v. 22,  
n. 2, p. 186-188

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2625



И. Квитек, Ю. П. Попов

АЛЬФА-РАСПАД  
С ВЫСОКОВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ  
ИЗОТОПОВ САМАРИЯ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОГО ФИЗИКИ

1966

P-2625

И. Квитек, Ю. П. Попов

АЛЬФА-РАСПАД  
С ВЫСОКОВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ  
ИЗОТОПОВ САМАРИЯ

Направлено в Physics Letters

Доложено на 16 ежегодном совещании  
по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра.  
Москва, январь 1966 г.

4206/2 чр.

Вильгельм И., Попов Ю.П., Пшитула М.,  
Руми Р.Ф., Стэмпиньски М.

P3-5553

Альфа-распад резонансных состояния самария-148

Анализируются спектры 11 резонансных состояний в реакции  $^{147}\text{Sm}(n, \alpha)^{144}\text{Nd}$ . Определены спины резонансов. Рассмотрены вопросы о распределении парциальных  $\alpha$ -ширин, о вероятностях вылета  $\alpha$ -частиц с различными орбитальными моментами, обсуждается влияние на  $\alpha$ -распад структуры высоковозбужденных состояний.

Сообщения Объединенного института ядерных исследований  
Дубна, 1970

Wilhelm I., Popov Yu.P., Przytuła M., Rumi R.F.,  
Stempinsky M.,

P3-5553

Alpha-Decay of the Resonance States of Samarium-148

The spectra of eleven resonance states in the reaction  $^{147}\text{Sm}(n, \alpha)^{144}\text{Nd}$  are analysed. The spin identification of resonances is made. The questions of partial  $\alpha$ -widths distribution and of the probability of emission of  $\alpha$ -particles with different orbital moments are considered as well as the effect of the highly excited states structure on the  $\alpha$ -decay, was discussed.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.  
Dubna, 1970

Закономерности  $\alpha$ -распада для ядер в области редких земель изучены еще очень слабо. Это связано с большими периодами  $\alpha$ -распада основных состояний этих ядер. Альфа-распад с возбужденных состояний проходит со значительно меньшими периодами полураспада, в ряде случаев доступными для эксперимента.

Определенные преимущества в качестве агентов, возбуждающих ядра, имеют нейтроны. Эксперименты по исследованию  $\alpha$ -переходов ядер, возбужденных тепловыми нейтронами, были выполнены Макфарлейном и Алмодоваро<sup>/1/</sup>, Хейфетцем и др.<sup>/2/</sup>, Андреевым и Сироткиным<sup>/3/</sup>. В настоящее время зафиксированы  $\alpha$ -переходы при захвате тепловых нейтронов изотопами самария (147 и 149), неодима -143 и европия-151. Однако тепловые нейтроны позволяют исследовать  $\alpha$ -распад лишь из одного (двух) состояний каждого ядра.

Более широкие возможности предоставляют резонансные нейтроны. Они дают возможность возбуждать ядра на вполне определенные состояния (для которых известны средние расстояния между уровнями, четности, а иногда и спины), исследовать  $\alpha$ -распад из большого числа дискретных состояний. Однако проведение эксперимента осложняется малостью потоков моноэнергетических нейтронов в резонансной области энергий.

Для исследования  $\alpha$ -распада с различных возбужденных состояний изотопов самария был изготовлен сцинтилляционный детектор  $\alpha$ -частиц, состоящий из 7 пластин с рабочей поверхностью  $0,7 \text{ м}^2$ , помещенных в кожух, заполненный ксеноном (сцинтиллятор). Со стороны четных промежутков на пластины был нанесен слой окиси самария толщиной  $5,5 \text{ мг/см}^2$ . Эти промежутки просматривались парой ФЭУ-49, регистрировавших  $\alpha$ -частицы. Нечетные промежутки просматривались другой парой ФЭУ-49 и служили для одновременного измерения фона. Для увеличения световой вспышки сцинтиллирующий газ помещался в электрическое поле<sup>/4/</sup> с напряженностью около  $700 \text{ в/см}$ . Особое внимание обращалось на нечувствительность детектора к  $\gamma$ -лучам, поскольку вероятность  $\alpha$ -распада составляет лишь  $10^{-6}$  от вероятности испускания  $\gamma$ -квантов. Анализ энергии  $\alpha$ -частиц в настоящем детекторе невозможен, проводился только счет  $\alpha$ -частиц.

Детектор помещался в пучок нейтронов от импульсного быстрого реактора Объединенного института ядерных исследований. Энергия нейтронов, приводивших к  $\alpha$ -распаду, определялась по времени пролета ими 30-метровой базы. Энергетическое (по нейтронам) разрешение составляло 0,1 мксек/м. Область ниже 10 эв исследовалась также и при худшем разрешении. Результаты измерений в течение 56 часов приведены на рис. 1 (нижняя кривая). Пунктиром обозначен счет в фоновых промежутках. Для иллюстрации приведена также кривая интенсивности захватных  $\gamma$ -лучей, полученная с помощью  $\gamma$ -детектора в аналогичных условиях для тех же слоев окиси самария.

Были проведены также измерения фона, когда слои самария были закрыты алюминиевой фольгой толщиной 60 микрон, достаточной для полного поглощения  $\alpha$ -частиц с энергией 10 мэв. Эксперимент показал отсутствие дополнительного счета в резонансах в пределах 7% от счета между резонансами.

Для расчета времен жизни отдельных возбужденных состояний ядер относительно  $\alpha$ -распада мы брали отношение площадей соответствующих резонансов на кривых  $(n, \alpha)$  и  $(n, \gamma)$  и нормировали эти отношения на отношение  $\Gamma_\alpha / \Gamma_\gamma$  для резонанса с  $E_0 = 0,097$  эв, известное по измерениям на тепловых нейтронах <sup>2,3/</sup>. В наших расчетах площади под резонансами от реакции  $(n, \gamma)$  брались из дополнительных измерений, выполненных с лучшим энергетическим разрешением.

Прежде чем перейти к результатам расчетов, обратимся к схемам  $\alpha$ -распада самария-148 и самария-150 (рис. 2). При захвате нейтрона с нулевым орбитальным моментом в обонх изотопах образуются состояния составного ядра со спинами и четностями  $4^-$  и  $3^-$ . Основные состояния дочерних ядер - изотопов неодима - 144 и неодима-146 имеют спины и четности  $0^+$ , а первые возбужденные -  $2^+$ . Таким образом, для уровней составного ядра со спином  $4^-$   $\alpha$ -распад возможен только в возбужденное состояние, а для уровней со спином  $3^-$  разрешены переходы обоих типов. Поскольку вероятность проникновения  $\alpha$ -частицы через кулоновский барьер ядра быстро падает с уменьшением энергии  $\alpha$ -частицы, времена жизни соответствующих состояний относительно  $\alpha$ -распада должны заметно зависеть от значения спина этих состояний.

Результаты наших измерений представлены в таблице 1. Известно, что три исследованные нами состояния самария-150 имеют спин и четность  $4^-$ , эксперимент дает для них среднее значение  $\alpha$ -ширины

$$\bar{\Gamma}_\alpha(4^-) = 0,74 \cdot 10^7 \text{ эв.}$$

Статистическая теория дает следующее выражение для средней ширины

$$\bar{\Gamma}_\alpha = D / 2\pi \sum_\ell T_\ell,$$

где  $T_\ell$  - проникаемость кулоновского барьера ядра для  $\alpha$ -частицы, вылетающей с орбитальным моментом  $\ell$ ,  $D$  - среднее расстояние между уровнями с одинаковым спином и четностью вблизи захватного состояния ядра.

Используя результаты расчетов  $T_1$  для  $S_{\text{ш}} -150$ , приведенные в работе <sup>1/1</sup>, а также  $D$ ,  $\Gamma_{\gamma}$  из <sup>15/</sup>, мы получили значение  $\bar{\Gamma}_{\alpha}(4^-) = 0,83 \cdot 10^{-7}$  эв, находящееся в хорошем согласии с нашими экспериментальными данными, и  $\bar{\Gamma}_{\alpha}(3^-) = 5,3 \cdot 10^{-7}$  эв, близкое к величине для уровня с  $E_0 = 17,1$  эв (табл. 1). Возможно, что этот уровень имеет спин  $3^-$ .

Уровни самария-148 с  $E_0 = 3,4$  эв и 18,3 эв (по энергии нейтронов) имеют соответственно спины  $3^-$  и  $4^-$  и их времена жизни отличаются на порядок. Для остальных уровней спины неизвестны, их времена жизни по отношению к  $\alpha$ -распаду флуктуируют в пределах одного порядка. Очень интересно было бы посмотреть, как эти флуктуации коррелируют со спинами, интенсивностями  $\alpha$ -переходов в основное и возбужденное состояние.

В заключение отметим, что исследования  $\alpha$ -распада из высоковозбужденных состояний ядер, можно провести с помощью резонансных нейтронов для более широкого круга ядер, чем это удалось сделать с помощью тепловых нейтронов.

Авторы приносят свою благодарность Ф.Л. Шапиро за полезные обсуждения, а также К.Г. Родионову, И.А. Стройкову, А.В. Грачевой и Б.Н. Соловьеву за помощь в создании аппаратуры и проведении эксперимента.

#### Л и т е р а т у р а

1. R.D. Macfarlane, I. Almodovar, Phys. Rev., 127, 1665 (1962).
2. E. Cheifetz, J. Gilot et al. Phys. Let., 1, 289 (1962).
3. Б.Н. Андреев, С.М. Сироткин. "Ядерная физика" 1, 252 (1965).
4. L. Koch, C.R. Coll. Intern. Elec. Nucl. AIEA, Masson, Paris (1958).
5. И.В. Гордеев, Д.А. Кардашов, А.В. Малышев. "Ядерно-физические константы". Атомиздат (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 марта 1966 г.

Таблица I.

Ядро-мишень	Самарий - I49				Самарий - I47									Sn
$E_0$ , эВ	0,098	0,88	5,0	17,1	3,4	18,3	29,8	32,1	39,9	49,4	58	83,5	183	
$J^\pi$	4 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	-	3 <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>								
$\Gamma_\alpha/\Gamma_\gamma \cdot 10^6$	1,0 $\pm$ 0,25	0,85 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 0,8	10 $\pm$ 2,5	31 $\pm$ 9	5 $\pm$ 0,8	8 $\pm$ 2	3 $\pm$ 1	12 $\pm$ 5	17 $\pm$ 3	10 $\pm$ 3	33 $\pm$ 7	56 $\pm$ 15	
$\Gamma_\alpha \cdot 10^7$ , эВ	0,63	0,5	1,2	6,5	19	2,0	4,8	1,6	7	10	5,9	20	27	
$\tau \cdot 10^9$ , сек	10	12	5,2	1,0	0,3	3,1	1,3	3,9	0,9	0,6	1,1	0,3	0,23	

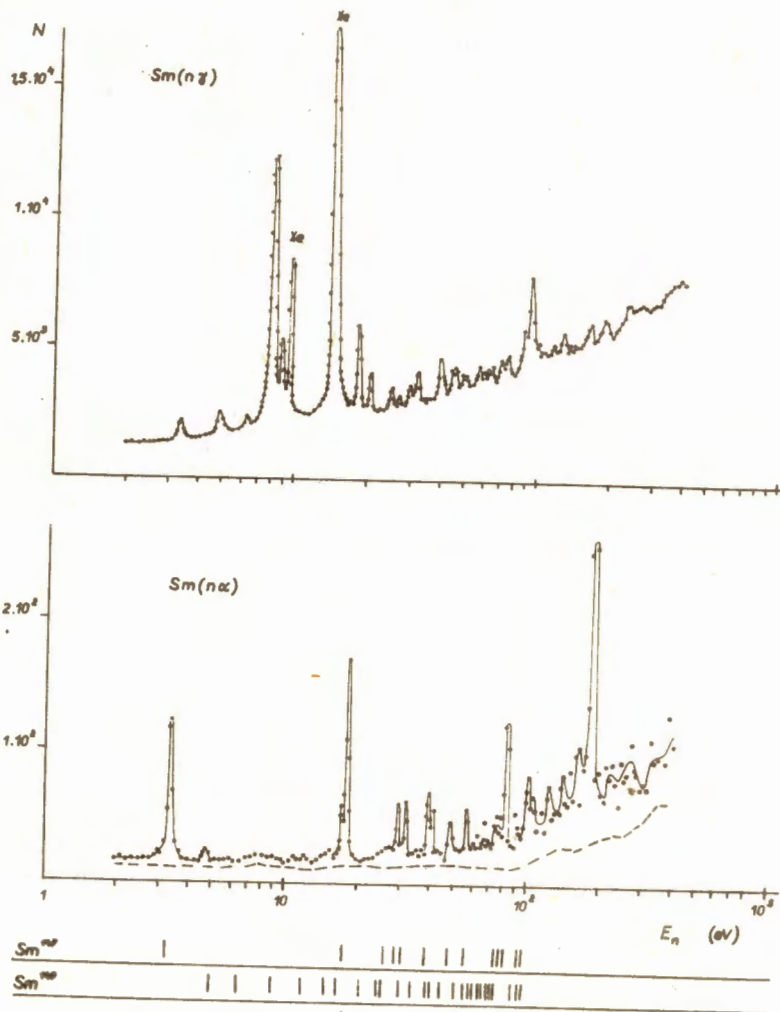


Рис. 1. Зарегистрированное число  $\alpha$ -частиц (нижняя кривая) и  $\gamma$ -квантов (верхняя кривая) для Sm в функции энергии нейтронов. Внизу приводятся положения нейтронных резонансов самария-147 и самария-149, известных из измерений полных нейтронных сечений<sup>5/</sup>.



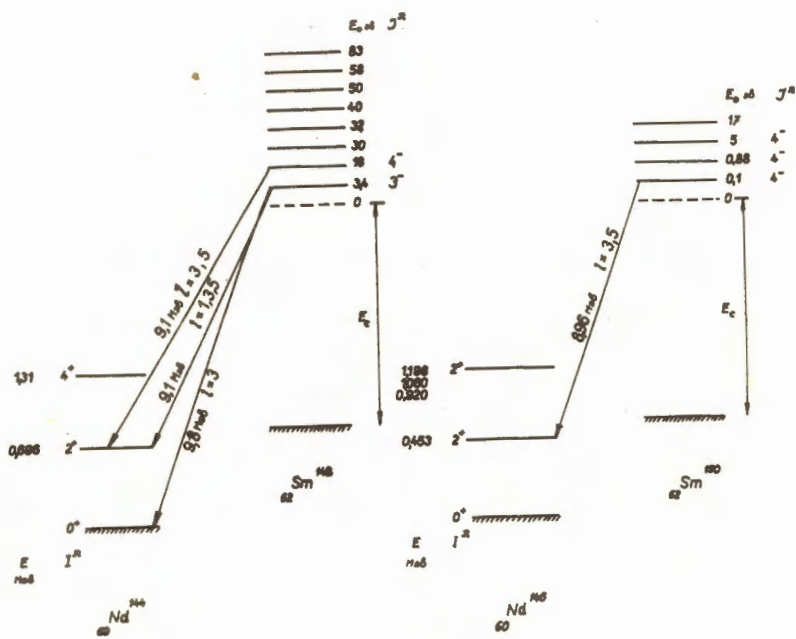


Рис. 2. Схемы альфа-распадов с высоковозбужденных состояний  $Sm - 148$  и  $Sm - 150$ .