

7852r
У-69
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

15/III - 65

23



P-1972

Ян Урбанец, Ян Врзал, Ян Липтак

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ
ЖЕСТКИХ γ -ПЕРЕХОДОВ ПРИ ЗАХВАТЕ
РЕЗОНАНСНЫХ НЕЙТРОНОВ Ba^{135}

ЖЭТФ, 1965, т. 49, в. 1, с. 80-84.

1965

P-1972

3004/2 48

Ян Урбанец, Ян Врзал, Ян Липтак

ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ
ЖЕСТКИХ γ -ПЕРЕХОДОВ ПРИ ЗАХВАТЕ
РЕЗОНАНСНЫХ НЕЙТРОНОВ Ba^{135}

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

С помощью методики, описанной в основном в /1/, проводились измерения жестких γ -лучей из захвата резонансных нейтронов на Ba^{135} однокристалльным сцинтилляционным спектрометром. Измерения проводились на реакторе ИБР ОИЯИ с временным разрешением 0,4 и 0,12 мксек/м. Для записи трехмерного спектра использовался новый усовершенствованный тип многомерного анализатора с магнитной лентой. В наших экспериментах мы использовали запись 128 амплитудных и 256 временных каналов. При измерениях использовались образцы с поперечным сечением 120 и 240 см² из окиси бария естественной смеси в виде порошка. Нами исследовались те резонансы, у которых известна принадлежность к изотопу Ba^{135} . При измерениях захватывалась область спектров γ -лучей от 4 Мэв до энергии связи нейтрона (9,23 Мэв).

Результаты измерений

На рисунке 1 показаны полученные нами временные спектры при разных энергиях γ -лучей. Спектр (В) соответствует интегральному спектру γ -лучей выше энергии 4 Мэв, второй спектр (Б) соответствует интегральному спектру выше энергии 7,5 Мэв и спектр (А) соответствует энергии перехода на основное состояние 9,23 Мэв с шириной амплитудного окна 500 кэв. Для примера на рисунке 2 приводятся декорированные амплитудные спектры для трех разных резонансов Ba^{135} .

В таблице 1 приводятся данные для энергий 9,23 и 8,40 Мэв для 11 резонансов. В тех случаях, где нельзя было определить точное значение, дается верхний предел. Абсолютное значение Γ_{γ}^* для резонанса 24,5 эв и энергии 9,23 Мэв определялось по суммарному числу импульсов в пике полного поглощения для энергии 9,23 Мэв. При этом мы пользовались значениями Γ и Γ_n из атласа Юза /2/ с исполнением данных, полученных из работы /3/. Произведение $\phi_{\gamma} \Delta \bar{\Omega}$, которое нужно для расчетов, определялось экспериментально из захвата нейтронов на боре, с помощью той же самой геометрии. (Здесь ϕ_{γ} обозначает поток нейтронов при энергии исследуемого резонанса и $\Delta \bar{\Omega}$ -средний телесный угол, в котором γ -лучи попадают на кристалл спектрометра). Парциальные радиационные ширины $\Gamma_{\gamma i}^*$ для остальных резонансов рассчитывались по формуле:

$$\Gamma_{\gamma i}^* = \Gamma_{\gamma 0}^* \frac{N_{\gamma i} I_0 \Phi(E_0)}{N_{\gamma 0} I_+ \Phi(E_+)}$$

где $\Gamma_{\gamma 0}^*$ - парциальная радиационная ширина для резонанса 24,5 эв, N_{γ} - число импульсов в пике полного поглощения для энергии 9,23 Мэв, I - площадь резонанса, определенная по параметрам 2,3 и $\phi(E)$ - поток нейтронов при соответствующей резонансной энергии. Индекс 0 относится к резонансу 24,5 эв и i - к остальным резонансам.

В полученных спектрах бросается в глаза аномально большая величина интенсивностей γ -переходов на основной и первый возбужденный уровень в резонансе 24,5 эв.

Обсуждение результатов и заключение

Основной уровень Ba^{135} имеет спин 3/2 и положительную четность. Отсюда следует, что s -нейтрон захватывается на уровень 1^+ или 2^+ Ba^{136} . Поскольку основной уровень изотопа Ba^{136} имеет спин и четность 0, а первый возбужденный уровень вибрационного характера имеет спин 2^+ при энергии 830 эв^{4/}, γ -переходы на основной и первый возбужденный уровень в Ba^{136} будут типа M1 или E2. По известным данным^{5/} о средних значениях парциальных ширин для M1 переходов в этой области ядер, можно ожидать, что числа γ -переходов с энергиями 9,23 и 8,40 Мэв будут составлять несколько десятых долей процента на один захват нейтрона. Интенсивность E2 переходов будет еще намного меньше. Наблюдаемые интенсивности переходов для всех изученных резонансов, за исключением резонанса 24,5 эв, не противоречат этим оценкам (таблица 1). При захвате тепловых нейтронов^{4/} наблюдаются интенсивности обоих переходов, равные примерно 0,1%. Таким образом, резонанс 24,5 эв представляет собой явную аномалию. Аномалию в интенсивности переходов в резонансе 24,5 эв трудно свести к флуктуации, так как интенсивность перехода на основной уровень примерно в 40 раз превышает среднее значение для остальных резонансов и вероятность появления такой флуктуации из распределения Портера-Томаса при $\nu = 1$ ничтожно мала: $V(x > 40) < 3 \cdot 10^{-10}$. Одновременная флуктуация парциальных ширин двух переходов еще менее вероятна.

Рассмотрим другие возможные объяснения, причем предположим вначале, что резонанс 24,5 эв является s -волновым резонансом.

а) Исходя из представлений Вайскопфа^{6/} аномальную интенсивность можно объяснить тем, что происходит захват нейтрона на чисто одночастичный или, наоборот, чисто вибрационный уровень. При таких чистых переходах можно ожидать возрастание значений матричных элементов вплоть до максимального значения, которое приводится в^{6/}. Однако наблюдение таких чистых уровней при энергиях возбуждения около 9 Мэв маловероятно, и в области средних и тяжелых ядер пока не наблюдалось ни одного такого случая. Кроме того, в случае чисто коллективного уровня можно

ожидать спин 2^+ , но и в таком случае является сверхразрешенным переходом E2 переход $2^+ \rightarrow 2^+$ при нормальной или даже подавленной интенсивности перехода $2^+ \rightarrow 0^+$ (рис. 3).

б) Равенство интенсивностей переходов 9,23 и 8,40 Мэв в резонансе 24,5 эв указывает, что спин этого резонанса скорее всего равен единице. Это обусловлено тем, что переходы типа M1 имеют обычно (для не чисто коллективных уровней) большую вероятность, чем переходы типа E2 (рис. 3).

Если допустить, что из представленных в таблице 1 резонансов, только резонанс 24,5 эв имеет спин, равный 1^+ , то можно предположить, что для $I = 1$ расстояние между уровнями \gg , чем для $I = 2$. В таком случае можно ожидать увеличения парциальной радиационной ширины за счет фактора $\frac{D_i}{D_0}$ в формулах для радиационных ширин^{6/}. Для переходов M1 имеем:

$$\Gamma_{\gamma}(M1) \approx E_{\gamma}^3 \frac{\bar{D}_i}{D_0}$$

где E_{γ} - энергия γ -кванта, \bar{D}_i , D_0 - расстояние между уровнями с соответствующим спином при энергии захвата и расстояние между уровнями в области уровня, на который осуществляется переход. Этому объяснению противоречит тот факт, что в резонансе 24,5 эв наблюдается пониженное значение полной радиационной ширины ($\Gamma_{\gamma} = 115 \pm 25$ мэв) по сравнению с остальными резонансами ($\Gamma_{\gamma} = 150$ мэв). Кроме того в измерениях группы Л.Б.Пикельнера приписывается спин 1^+ еще резонансу 287 эв.

в) Аномальные интенсивности s -переходов легко можно было бы объяснить захватом нейтронов на уровень со спином 1 и отрицательной четностью, т.е. захватом p -нейтронов. В таком случае оба перехода будут типа E1 (рис. 3). Значения наблюдаемых парциальных ширин хорошо соответствуют ожидаемым значениям для E1 переходов. Но в данном случае противоречия возникают за счет большой нейтронной ширины уровня 24,5 эв.

Приведенная нейтронная ширина для p -нейтронов в резонансе 24,5 эв принимает значение $\Gamma_{n1} = 27$ эв. Среднее значение приведенной нейтронной ширины для области 80 нейтронов равно $\bar{\Gamma}_{n1} = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \bar{D}_1$.

Если рассмотреть случай большего расстояния между уровнями со спином 1^- , скажем $\bar{D}_1 \approx 10^4$ эв, то $\chi = \frac{\Gamma_{n1}}{\bar{\Gamma}_{n1}} = 15$ и вероятность появления такого уровня при $\nu = 1$ мала: $V(x > 15) < 2 \cdot 10^{-4}$. Кроме того, в измерениях полных нейтронных сечений с толстым образцом наблюдалась интерференция, которую можно приписать интерференции между потенциальным и резонансным рассеянием. Такое явление противоречит представлению о захвате p -нейтрона.

Полного согласия до сих пор полученными экспериментальными фактами можно было бы достичь в предположении, что здесь мы имеем дело с явлением случайного вырождения уровня по четности. Для того, чтобы сделать окончательное заключение о природе интересного резонанса 24,5 эв пока не хватает экспериментального материала и поэтому подготавливаются эксперименты для определения мультипольности перехода и четности данного уровня.

В заключение авторы выражают благодарность Ф.Л.Шапиро за интерес к работе и ценные дискуссии при обсуждении результатов, Г.П.Жукову и В.Г.Тяшину за наладку многомерного анализатора и Я.Гронику за помощь в измерениях и обработке результатов. Мы благодарны также Л.Б.Пикельнеру и его сотрудникам за сообщение некоторых экспериментальных данных.

Л и т е р а т у р а

1. Ян Урбанец. ЖЭТФ 45, 93 (1963).
2. D.J.Hughes and R.B.Schwartz. Neutron Cross Sections ENL 1958.
3. В.С.Джелепов, Л.К.Пекар, В.О.Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер. Изд. АН СССР (1963).
4. Annual Review of Nuclear Science 11, Palo Alto G.A.Bartholomew: Neutron Capture γ -rays p. 259
5. J.M.Blatt, W.F.Weisskopf. Theoretical Nuclear Physics USA John Wiley and Sons, 1952.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 января 1965 г.

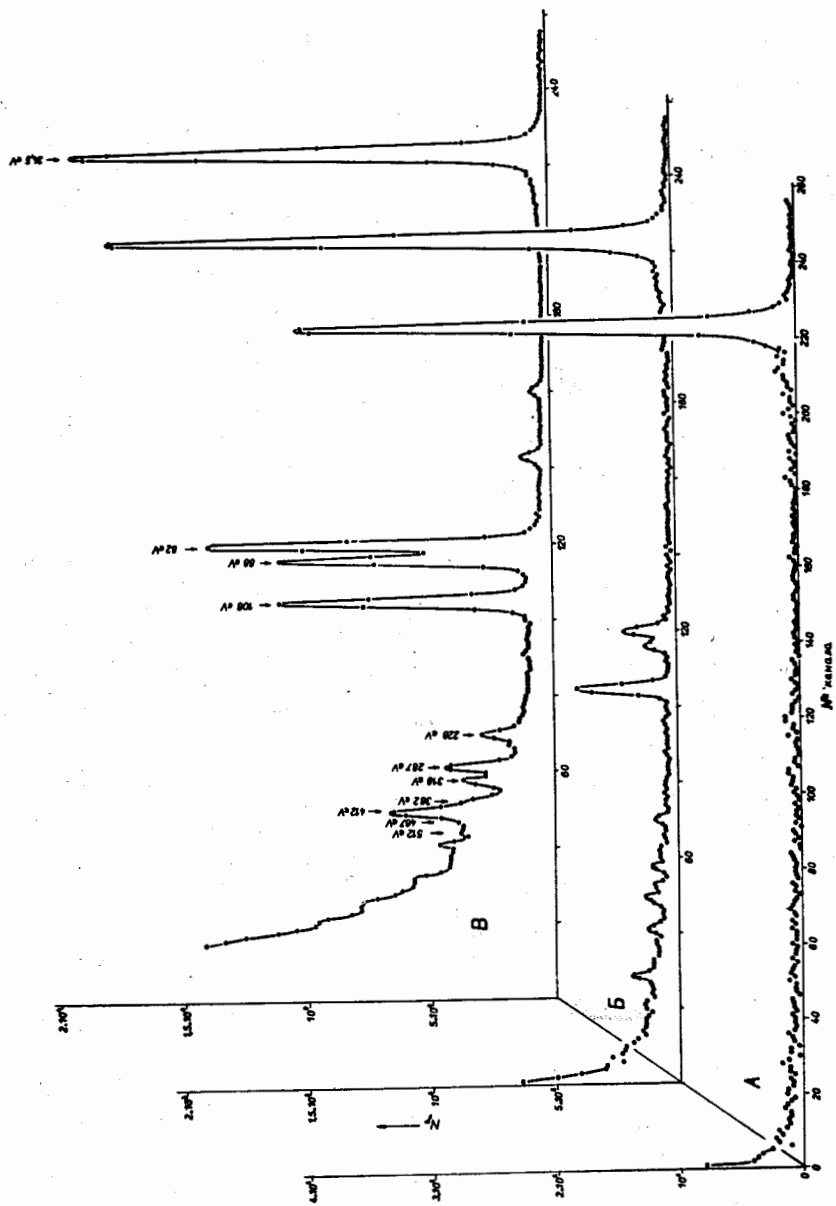
Т а б л и ц а 1
Резонансы Ва¹³⁵

$E_n^{[2]}$ (эв)	E_n^+ (эв)	$\Gamma_n^{[2]}$ (МэВ)	$E_\gamma = 9,23$ МэВ		$E = 8,40$ МэВ	
			Γ_γ^* (МэВ)	$\frac{\Gamma_\gamma^*}{\Gamma_{\gamma n}^*} \cdot 10^2$	Γ_γ^* (МэВ)	$\frac{\Gamma_\gamma^*}{\Gamma_{\gamma n}^*} \cdot 10^2$
24,5	24,5±0,2	9,8	10,5±2,5	9,2	7,5±3	6,5
82	81,9±0,3	165	0,0	0,0	0,2±0,05	0,13
88	88,2±0,3	51	0,1	0,07	0,1±0,05	0,07
106 ++	106,3±0,5	150	0,25±0,1	0,17	0,8±0,2	0,55
223	228 ± 1	41	0,3±0,1	0,2	0,4±0,1	0,26
287	290 ± 1	320	0,2	0,15	0,15	0,1
318	324 ± 2	100	0,3±0,1	0,2	0,4	0,25
382	-	260	0,3	0,2	-	-
412	-	400	0,2	0,15	0,5	0,35
467	-	140	0,5	0,35	-	-
516	-	130	0,3	0,2	-	-
Тепловые нейтроны			-	0,1	-	0,1

+ Нами определенные энергии

++ У резонанса 106 эв не вычитывалась доля, принадлежащая резонансу 103 эв Ва¹³⁶

Звездочками обозначаются парциальные радиационные ширины.



135
 Рис. 1. Временные спектры из захвата нейтронов на Ba, В - спектр, соответствующий интегральному амплитудному спектру γ -лучей с энергией от 4 до 10 Мэв, Б - спектр, соответствующий интегральным энергиям γ -лучей с энергией от 7,3 до 10 Мэв, А - спектр, соответствующий энергии γ -лучей 9,23 Мэв с амплитудным окном, равным 500 кэв. Разрешение пролетного спектрометра 0,12.

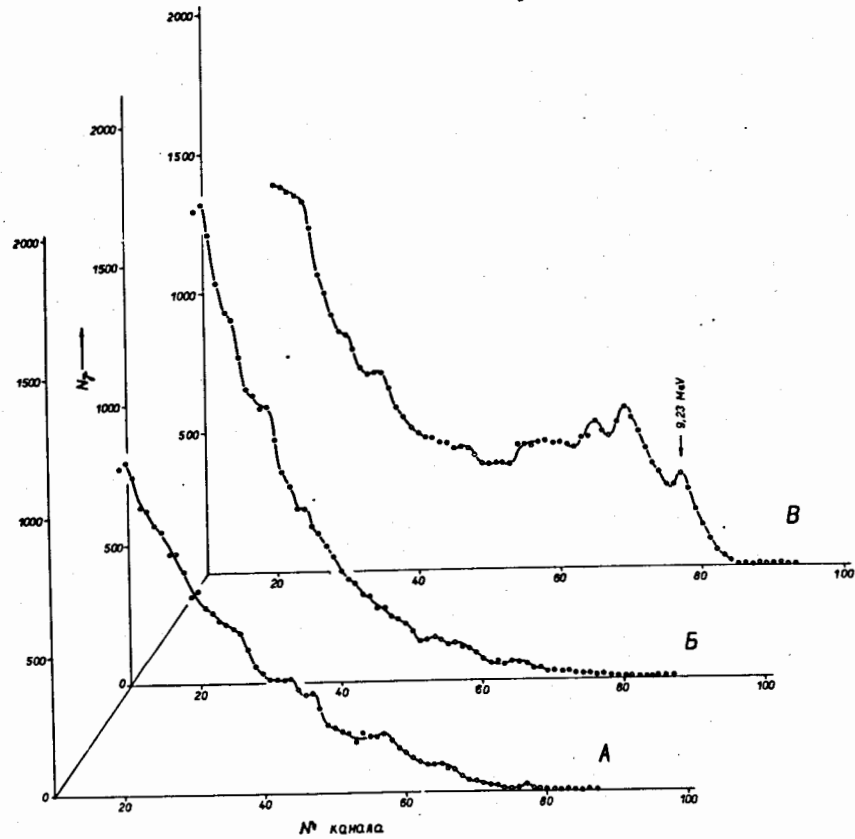


Рис. 2. Амплитудные разрезы трехмерного спектра, А - амплитудный спектр в резонансе 106 эв, Б - амплитудный спектр в резонансе 82 эв, В - амплитудный спектр в резонансе 24,5 эв. Спектры не нормированы.

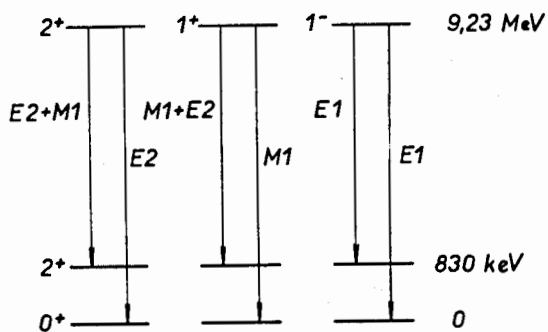


Рис. 3. Возможные мультипольности переходов при подходящих значениях спина и четности в случае резонанса 24,5 эв.