

С 341.26

B-123

15/III-71

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P6 - 5518

741/2-71



Я. Ваврышук, Н.В. Виноградова, В.А. Морозов,
В.И. Разов, Я. Сажински, Х. Фуя, В. Жук

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ ^{155}Gd
МЕТОДОМ ЗАДЕРЖАННЫХ СОВПАДЕНИЙ
И УГЛОВЫХ ГАММА-ГАММА КОРРЕЛЯЦИЙ

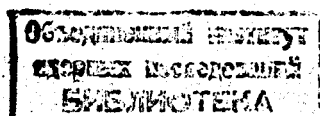
1970

P6 - 5518

Я. Ваврыщук, Н.В. Виноградова, В.А. Морозов,
В.И. Разов*, Я. Сажински, Х. Фуя, В. Жук

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ ^{155}Gd
МЕТОДОМ ЗАДЕРЖАННЫХ СОВПАДЕНИЙ
И УГЛОВЫХ ГАММА-ГАММА КОРРЕЛЯЦИЙ

* Дальневосточный государственный университет (Владивосток)



Ядро ^{155}Gd расположено в области деформированных ядер $150 \leq A \leq 180$. Исследование свойств уровней ^{155}Gd очень интересно с точки зрения проверки положений обобщенной/1/ и сверхтекучей моделей/2/.

В настоящей работе методом задержанных γ - γ -совпадений измерены значения периодов полураспада уровней с энергией 86,5 и 105,3 кэВ. Методом угловых гамма-гамма корреляций измерены коэффициенты A_2 , A_4 углового распределения каскадных гамма-квантов:

86,5 - (148,6; 180,1; 239,4; 281,1; 340,8) кэВ

и

105,3 - (161,3; 163,3; 220,6; 321,8) кэВ.

По значениям A_2 и A_4 определены спины уровней с энергией 86,5; 105,3; 235,2; 266,6; 268,6; 326,0; 367,7; 427,4 кэВ и мультипольности наиболее интенсивных гамма-переходов между этими уровнями. Подсчитаны парциальные периоды и приведенные вероятности переходов, разряжающих состояния с энергией 86,5 и 105,3 кэВ.

Определены факторы запрета по Мошковскому, по модели Нильссона и по модели Нильссона с учётом сверхтекучей поправки.

Экспериментальная методика и результаты

Измерения проводились с моноизотопом ^{155}Tb , полученного из материнского гольмия. Гольмий образовывался в результате реакции глубокого расщепления при облучении танталовой мишени протонами

($E_p = 660$ Мэв) на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ в течение 2-х часов. Из облученной мишени путем хроматографического разделения выделялась фракция гольмия, из которой, спустя 30-40 часов, получался ^{155}Tb . Для измерений источник в жидком виде помещался в пластмассовую ампулу ($d = 5$ мм, $h = 12$ мм).

Периоды полураспада уровней 86,5 и 105,3 кэв измерялись на установке для измерения времен жизни возбужденных состояний ядер методом задержанных совпадений в режиме двухмерного временного анализа^{/3/}. Методика измерений была следующей: в одном из каналов выделялись гамма-кванты с энергией в диапазоне от 140 до 270 кэв. Гамма-лучи с энергиями 86,5; 105,3; 148,6; 182; 262 кэв выбирались по методу "цифровых" окон^{/4/} с помощью осциллографа со световым карандашом^{/4/}. Накопление информации происходило на ЭВМ "Минск-2". В результате измерений было получено пять временных спектров, обусловленных совпадениями γ -квантов "окна" (140 + 270 кэв) с E_γ (86,5; 105,3; 148; 180; 262) кэв. Кривые мгновенных совпадений от источника ^{22}Na набирались в тех же условиях. На рис. 1 представлены кривые распада уровней 86,5 и 105,3 кэв, фрагмент схемы распада и участки спектров γ -лучей ^{155}Tb . Измерение периода полураспада уровня 105,3 кэв проводилось при обращенных, в сравнении с опытом для уровня 86,5 кэв, каналах "старт" и "стоп".

Значения периодов полураспада были установлены по экспоненциальному спаду и по сдвигу центров тяжести задержанной и мгновенной кривых. Обработка экспериментальных кривых проводилась по методу наименьших квадратов и по методу моментов. Погрешность результатов вычислений включает в себя, кроме статистической ошибки, ошибку калибровки цены канала временного анализатора. В результате получены следующие значения периодов полураспада:

$$T_{1/2} = (6,71 \pm 0,13) \cdot 10^{-9} \text{ сек для уровня } 86,5 \text{ кэв,}$$

$T_{1/2} = (1,26 \pm 0,21) \cdot 10^{-9}$ сек для уровня 105,3 кэв, что согласуется с результатами измерений, приведенных в работах^{/5,6/}.

Исследование углового распределения каскадных гамма-квантов проводилось для углов 90° ; 135° ; 180° на автоматизированном спектро-

Таблица I

Экспериментальные значения коэффициента угловых корреляций

Каскад E γ, кэВ	A ₂	A ₄	
86,5 {	- 148,6	-0,011 ± 0,013 (-0,003 ± 0,018)	-0,013 ± 0,050 (-0,04 ± 0,04)
	- 180,1	-0,214 ± 0,006 (-0,195 ± 0,019)	+0,09 ± 0,015 (+0,03 ± 0,03)
	- 239,4	-0,042 ± 0,026	-
	- 281,1	-0,209 ± 0,039	+0,01 ± 0,06
	340,8	+0,182 ± 0,017 (+0,129 ± 0,024)	- (-0,027 ± 0,048)
105,3 {	- 161,3	-0,151 ± 0,045	-
	- 163,3	+0,075 ± 0,019	-
	(-161,3) (+163,3)	+0,019 ± 0,006	0,000 ± 0,016
	- 220,6	+0,029 ± 0,022	-0,030 ± 0,056
	- 262,4	-0,133 ± 0,007 (-0,122 ± 0,010)	+0,006 ± 0,020 -
	- 321,8	+0,091 ± 0,030	-

метре для измерения угловых гамма-гамма и ϵ -гамма корреляций^{/7/} в двух энергетических диапазонах одновременно. Регистрация γ -квантов осуществлялась Ge(Li) детектором с эффективным объемом $V_{\text{эфф}} = 50 \text{ см}^3$ при энергетическом разрешении 4,5 кэВ для γ -линий 1170 кэВ ^{60}Co и кристалла NaJ(Tl) ϕ 40 x 40 мм. Положение подвижного детектора NaJ(Tl) менялось циклическим образом ($90^\circ - 135^\circ - 180^\circ; 180^\circ - 135^\circ - 90^\circ; 90^\circ$). Центровка источника проверялась перед опытом и контролировалась в течение эксперимента. Точность центровки не хуже 1,5%. Одиночный спектр ^{155}Gd и спектры совпадений (за вычетом фона) с гамма-лучами 86,5 и 105,3 кэВ для диапазона от 140 до 340 кэВ изображены на рис. 2.

Коэффициенты углового распределения рассчитывались по методу наименьших квадратов с учетом поправок на телесный угол и эффективность детекторов. Полученные таким образом значения коэффициентов углового распределения A_2 и A_4 каскадных гамма-квантов в ^{155}Gd приведены в табл. 1. Значения A_2 и A_4 в скобках приводятся из работы^{/8/} для сравнения.

Анализ результатов эксперимента

При анализе результатов измерений угловых корреляций каскадных переходов в ^{155}Gd мы использовали данные работ^{/9,10/} о мультипольности наблюдавшихся каскадов.

Спины уровней 86,5 и 105,3 кэВ установлены в работах^{/8,11,12/}: соответственно $3/2$, $5/2$. Мультипольность переходов 86,5 и 105,3 кэВ типа $E1$ ^{/14/}.

Уровень 427,3 кэВ. Корреляции каскадов (86,5 - 340,8) (105,3 - 321,8) кэВ позволили установить для этого уровня спин $3/2$.

Уровень 367,7 кэВ. В работе^{/8/} для этого уровня приводятся два возможных значения спина: $1/2$ и $5/2$. Корреляция каскада (281,1 - 86,5) исключает спин $5/2$. Корреляция каскада (262,4 - 105,3) подтверждает значение спина $1/2$. Последнее значение подтверждается результатами измерений Тьома^{/12/} по (d, t) , (d, p) реакциям.

Уровень 326,0 кэв. Спин уровня $5/2^-$ определен нами из измерений углового распределения каскадов (220,6 - 105,3) кэв и (239,4 - 86,5) кэв.

Уровень 266,6 кэв. По значению A_2 для гамма-квантов каскада (180,1 - 86,5) кэв спин уровня определяется как $5/2$, что согласуется с данными работы/8/. Измерение углового распределения гамма-квантов каскада (161,3 + 163,3 - 105,3) кэв и разложение линии 161,3 + 163,3 кэв дало возможность подтвердить значение спина $5/2$ для этого уровня, а корреляция каскада (163,3 - 105,3) кэв позволила определить спин уровня 268,6 кэв равным $3/2$, что согласуется с работой/11/.

Уровень 235,2 кэв. В работе Хрынкевича и др./8/ допускается два возможных спина для этого уровня: $3/2$, $7/2$. По сравнению с работой/8/ значение A_2 для каскада (148,6 - 86,5) кэв, полученное в наших измерениях с меньшей ошибкой, позволяет высказаться в пользу значения спина $7/2$. Результаты анализа приводятся в табл. 2.

Сведения о мультипольностях переходов, разряжающих состояния с энергией 86,5 и 105,3 кэв, позволили нам подсчитать парциальные периоды полураспада и приведенные вероятности этих переходов.

Сравнение экспериментальных значений парциальных периодов полураспада, подсчитанных с учётом коэффициентов внутренней конверсии на K -, L -, M -оболочках/14/, проводилось с расчётами по Мошковскому с учётом статистического множителя.

Знание квантовых характеристик уровней с энергией 86,5 и 105,3 кэв (соответственно $5/2$ $5/2^+$ /642/ \uparrow ; $3/2$, $3/2^+$ /651/ \wedge /12/ и характеристики основного состояния $3/2$ $3/2^-$ /521/ \uparrow /12/) дало возможность провести сравнения с моделью Нильссона и с моделью Нильссона с учётом сверхтекучей поправки R_X^Y . Результаты анализа данных, полученных при измерении времен жизни, представлены в табл. 3.

Следует отметить, что лучшее согласие с экспериментальными результатами наблюдается при проведении расчётов по модели Нильссона и по модели Нильссона с учётом сверхтекучей поправки.

В заключение авторы выражают благодарность К.Я. Громову за интерес к работе, В.И. Стегайлову за помощь при измерениях.

Л и т е р а т у р а

1. О. Натан, С.Г. Нильссон. Альфа-, бета- и гамма-спектроскопия. Под ред. Зигбана, т. 2, Атомиздат, М., 1969.
2. В.Г. Соловьев. Структура сложных ядер. Атомиздат, М., 1966.
3. В.А. Морозов, В.И. Разов, В.И. Фоминых, В.М. Цупко-Ситников. Препринт ОИЯИ, Р13-5485, Дубна, 1970.
4. Ф. Дуда и др. Препринт ОИЯИ, 10-4236, Дубна, 1969.
5. K. Löbner, S. Malmkog. Nucl. Phys., 80, 505, 1966.
6. А. Хрынкевич и др. Phys. Lett., 80, 372, 1966.
7. Я. Ваврышук и др. Препринт ОИЯИ, 13-5500, Дубна, 1970.
8. А. Хрынкевич и др. Препринт ОИЯИ, Е-3906, Дубна, 1968.
9. М. Фингер и др. Препринт ОИЯИ, Е-2908, Дубна, 1966.
10. J. Kormisko et al. Nucl. Phys., A102, 253 (1967).
11. P. Tiom, B. Elbek. Math. Fys. Medd., 36, 8 (1967).
12. R. Sheline. Nuclear Structure, Dubna, p. 71, 1968.
13. B. Harnatz et al. Phys. Rev., 128, 1186 (1962).
14. Nuclear Data. vol. 4, No 1-2 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел

16 декабря 1970 года.

Значения спинов уровней, δ , мультипольностей переходов в ^{155}Gd Таблица 2

Уровень (кэВ)	Спин	Переход E (кэВ)	δ	Мультипольность	
				Наша работа	работа /13/
86,5	5/2	86,5	-	E1	E1
105,3	3/2	105,3	-	E1	E1
235,2	7/2	148,6	-0,124 ^{+0,025} -0,029	MI+1,5% E2	MI+ 1,6% E2
266,6	5/2	161,3	+0,238 ^{+0,108}	MI+5,6% E2	MI+ 12% E2
		180,1	+0,163 ^{+0,028} -0,021	MI+2,7% E2	MI+ 5% E2
268,6	3/2	163,3	-0,138 ^{+0,006} -0,07	MI+1,9% E2	MI+ 1,3% E2
326	5/2	220,6	-0,155 ^{+0,057} -0,052	MI+2,4% E2	MI
		239,5	-0,287 ^{+0,063} -0,062	MI+8,2% E2	-
367,7	1/2	262,5	+0,092 ^{+0,009} -0,012	MI+ 0,8% E2	MI
		281,1	-	E2	E2
427,4	3/2	340,8	-0,062 ^{+0,024} -0,026	MI+ 0,4% E2	MI
		320,8	-0,105 ^{+0,052} -0,042	MI+ 1,1% E2	MI

Таблица 3

Значения $T_{I/2}^{\text{эксп.}}$, $B(\sigma L)^{\text{эксп.}}$, F_M ; F_N ; $F_N R_N^{\text{эксп.}}$ для переходов в ядре ^{155}Gd

ЕУР. кэВ	86,5		105,3			
$T_{I/2}$ СЕК	$(6,71 \pm 0,13) \cdot 10^{-9}$		$(1,26 \pm 0,21) \cdot 10^{-9}$			
Е γ кэВ	86,5	26,5	105,3	45,3	18,75*	
$I_i K_i^{\pi} [N n \Lambda]_i \Sigma_i$	5/2 5/2 ⁺ [642] ⁺		3/2 3/2 ⁺ [651] ⁺			
$I_f K_f^{\pi} [N n \Lambda]_f \Sigma_f$	3/2 3/2 ⁻ [521] ⁺	5/2 3/2 ⁻ [521] ⁺	3/2 3/2 ⁻ [521] ⁺	5/2 3/2 ⁻ [521] ⁺	5/2 5/2 ⁺ [642] ⁺	
σL	E1	E1	E1	E1	E2	M1
R_i^{-1}	1,009	110	1,9 ^о	31,3 ^о	2,2 ^о	
$T_{1/2}^{\text{эксп.}}(\sigma L)$ СЕК	$9,17 \cdot 10^{-9}$	$2,17 \cdot 10^{-6}$	$3,10 \cdot 10^{-9}$	$5,67 \cdot 10^{-8}$	$6,63 \cdot 10^{-5}$	$3,96 \cdot 10^{-6}$
$B(\sigma L)^{\text{эксп.}}$	$7,4 \cdot 10^{-7} e^{2\delta}$	$109 \cdot 10^{-7} e^{2\delta}$	$1,22 \cdot 10^{-6} e^{2\delta}$	$8,31 \cdot 10^{-7} e^{2\delta}$	$0,36 e^{2\delta 2}$	$1,51 \cdot 10^{-3} e^{2\delta 2}$ (ЯМ) ²
F_M	$8,3 \cdot 10^3$	$3,56 \cdot 10^3$	$8,0 \cdot 10^2$	$3,62 \cdot 10^3$	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$
$B(\sigma L)_N$	$7,7 \cdot 10^{-6} e^{2\delta}$	$3,2 \cdot 10^{-6} e^{2\delta}$	$2,43 \cdot 10^{-6} e^{2\delta}$	$1,6 \cdot 10^{-6} e^{2\delta}$	$1,82 \cdot 10^{-3} e^{2\delta 2}$	$7,0 \cdot 10^{-4} e^{2\delta 2}$ (ЯМ) ^{жж}
$F_N(\sigma L)$	10,2	29,3	2,0	2,0	$5,1 \cdot 10^{-3}$	0,5
$F_N \cdot R_N^{\text{эксп.}}$	2,7	7,7	0,04	0,04	$3,6 \cdot 10^{-4}$	0,3

* - $\delta^2 = 0,06$; ** - для $g_R = 0,3$; н-по работе Czech. Jour. Phys., vB19, 1153, 1969.

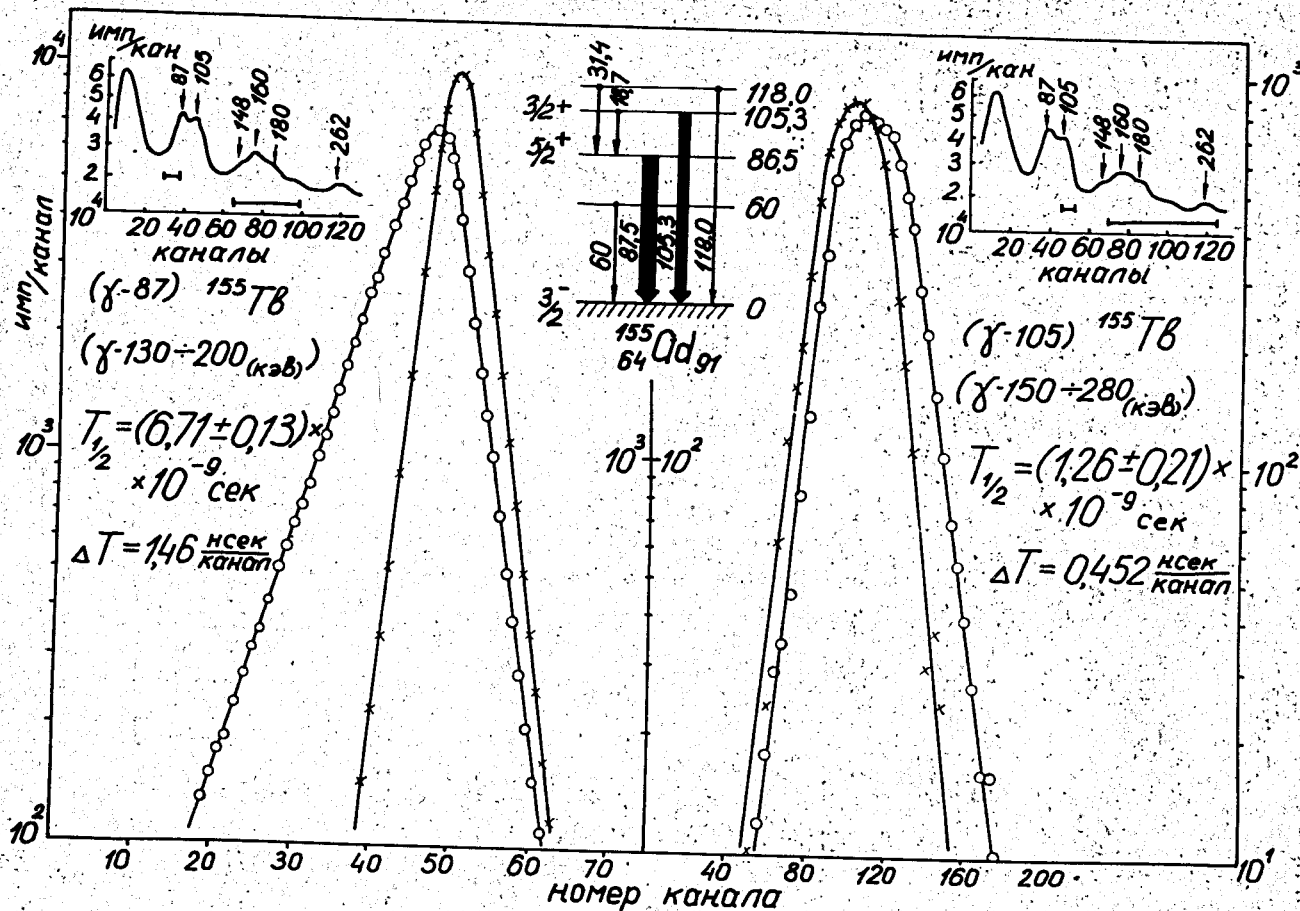


Рис. 1. Кривые распада уровней ^{155}Gd с энергией 86,5; 105,3 кэВ.

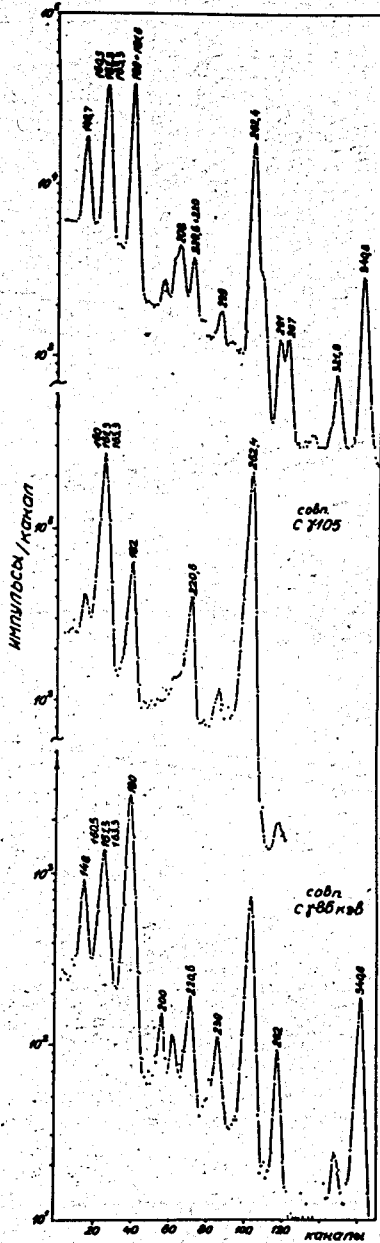


Рис. 2. Одиночный спектр и спектры совпадений гамма-лучей (для угла $\theta = 90^\circ$) в ядре ^{155}Gd .