

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



13/III-78

P6 - 11133

B-123

1188/2-78

Я.Ваврышук, В.Жук, Р.Ион-Михай, Э.Крупа,
Г.И.Лизурей, М.М.Маликов, Т.М.Муминов,
В.Таньска-Крупа, И.Холбаев

КОРРЕЛЯЦИИ НАПРАВЛЕНИЙ ГАММА-ЛУЧЕЙ

В ^{151}Gd

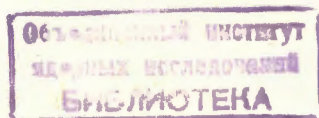
1977

P6 - 11133

Я.Ваврышук,¹ В.Жук,¹ Р.Ион-Михай,² Э.Крупа,¹
Г.И.Лизурей, М.М.Маликов,³ Т.М.Муминов,⁴
В.Таньска-Крупа,¹ И.Холбаев⁴

КОРРЕЛЯЦИИ НАПРАВЛЕНИЙ ГАММА-ЛУЧЕЙ
В ¹⁵¹Gd

Направлено в "Acta Physica Polonica"



¹ Университет им. М.Кюри-Склодовской, Люблин, ПНР.

² Бухарестский университет, СРР.

³ Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент, СССР.

⁴ Самаркандский государственный университет, СССР.

Ваврышук Я. и др.

P6 - 11133

Корреляции направлений гамма-лучей в ^{151}Gd

При распаде $^{151}\text{Tb} \rightarrow ^{151}\text{Gd}$ исследованы угловые корреляции гамма-лучей для 27 каскадных излучений. Результаты исследований позволили уточнить спины возбужденных состояний ^{151}Gd с энергиями 108(5/2), 395(3/2), 575(1/2), 587(3/2), 812(3/2), 839(1/2), 1087(3/2) и 1192(1/2) кэВ и определить отношения приведенных матричных элементов 10 смешанных электромагнитных переходов.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Wawryszczuk J. et al.

P6 - 11133

Gamma-Gamma Directional Correlations in ^{151}Gd

The gamma-gamma angular correlations in the decay of $^{151}\text{Tb} \rightarrow ^{151}\text{Gd}$ have been studied for 27 cascades. The results of investigations have allowed one to obtain the values of spins for 108 (5/2), 395(3/2), 575(1/2), 587(1/2), 812(3/2), 839(1/2), 1087(3/2) and 1192 (1/2) keV excited states in ^{151}Gd more accurately and to determine the ratios of reduction matrix elements for 10 mixing electromagnetic transitions.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Исследованию свойств нечетных ядер с $N=87$ в настоящее время уделяется значительное внимание в связи с тем, что экспериментальные факты указывают на существование в этих изотонах состояний с различной степенью деформации. Основные состояния изотонов $^{149}\text{Sm}_{87}$, $^{151}\text{Gd}_{87}$ и $^{153}\text{Dy}_{87}$ с $I^\pi = 7/2^- [1,2]$ рассматриваются как сферические $2f_{7/2}$. В то же время в ядерных реакциях $(\alpha, 2n\gamma) [3,4]$, $(\alpha, 3n\gamma) [5,6]$ в указанных изотонах наблюдаются коллективные состояния, которые можно объяснить как ротационно-подобные полосы, основанные на деформированных состояниях, связанных с подболочками $i_{13/2} (\beta \approx 0,14)$ и $h_{11/2} (\beta \approx 0,29)$.

Если данные о высокоспиновых состояниях, полученные в ядерных реакциях, в рассматриваемых изотонах достаточно хорошо согласуются между собой, то данные о низкоспиновых состояниях, полученные при радиоактивном распаде, нуждаются в уточнении.

Несмотря на то, что распад $^{151}\text{Tb} \rightarrow ^{151}\text{Gd}$ исследовался многими авторами [7-19], до сих пор имеются неустраненные противоречия и неопределенности в значениях спинов возбужденных состояний и мультипольного состава электромагнитных переходов в ^{151}Gd . С целью устранения этих противоречий и уточнения значений спинов возбужденных состояний и мультипольного состава γ -переходов в ^{151}Gd нами при распаде ^{151}Tb исследовались угловые γ - γ -корреляции для 27 каскадных излучений.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Изотоп ^{151}Tb получался в реакции глубокого расщепления Та протонами с энергией 660 МэВ на синхротронном ОИЯИ. Радиохимическими методами ^{20/} из облученных мишеней Та выделялся элемент Tb, который затем разделялся по массам на электромагнитном масс-сепараторе ^{21/}. При этом ионы Tb внедрялись в алюминиевые фольги толщиной 5-25 мкм. Для использования в измерениях фольга с внедренным источником растворялась в водном растворе соляной кислоты и помещалась в плексигласовую ампулу Ø3 и длиной 10 мм.

АППАРАТУРА

Измерения проводились на корреляционном спектрометре с двумя Ge(Li) - детекторами ^{22/}. В качестве накопителя информации использовалась ЭВМ "Минск-2", при этом регистрировались совпадения γ -лучей с фотопиками 108, 180, 192, 252, 287, 395 и 444 кэВ и участками комптоновских распределений за фотопиками 108, 192, 252, 287 и 395 кэВ при угловых позициях детекторов 90°, 135° и 180°. Некоторые спектры совпадений, измеренные при угле 180°, приведены на рис. 1-3.

В случае малоинтенсивных и высокоэнергетических каскадов для уменьшения статистической погрешности проводились дополнительные измерения на корреляционной установке с Ge(Li) и двумя сцинтилляционными детекторами ^{23/}. Энергетические окна выбирались с помощью дифференциальных дискриминаторов в сцинтилляционных трактах. Спектры совпадений регистрировались участками в диапазоне энергий 230-750 кэВ. Эти измерения дали основной вклад в окончательные значения коэффициентов функции угловых корреляций каскадов 467, 617, 692, 704-108 кэВ, 416, 692-287 кэВ, 605-487 кэВ и 587, 617-467 кэВ.

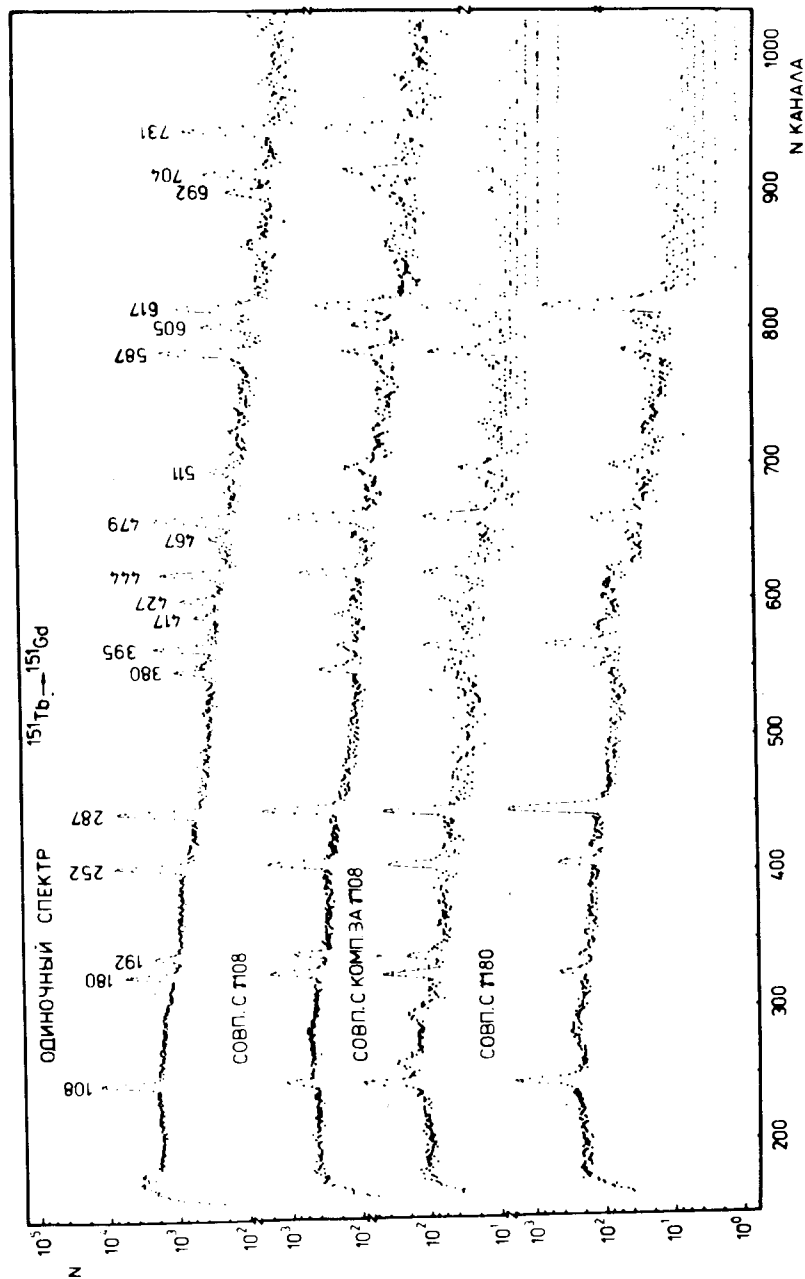


Рис. 1. Спектры совпадений.

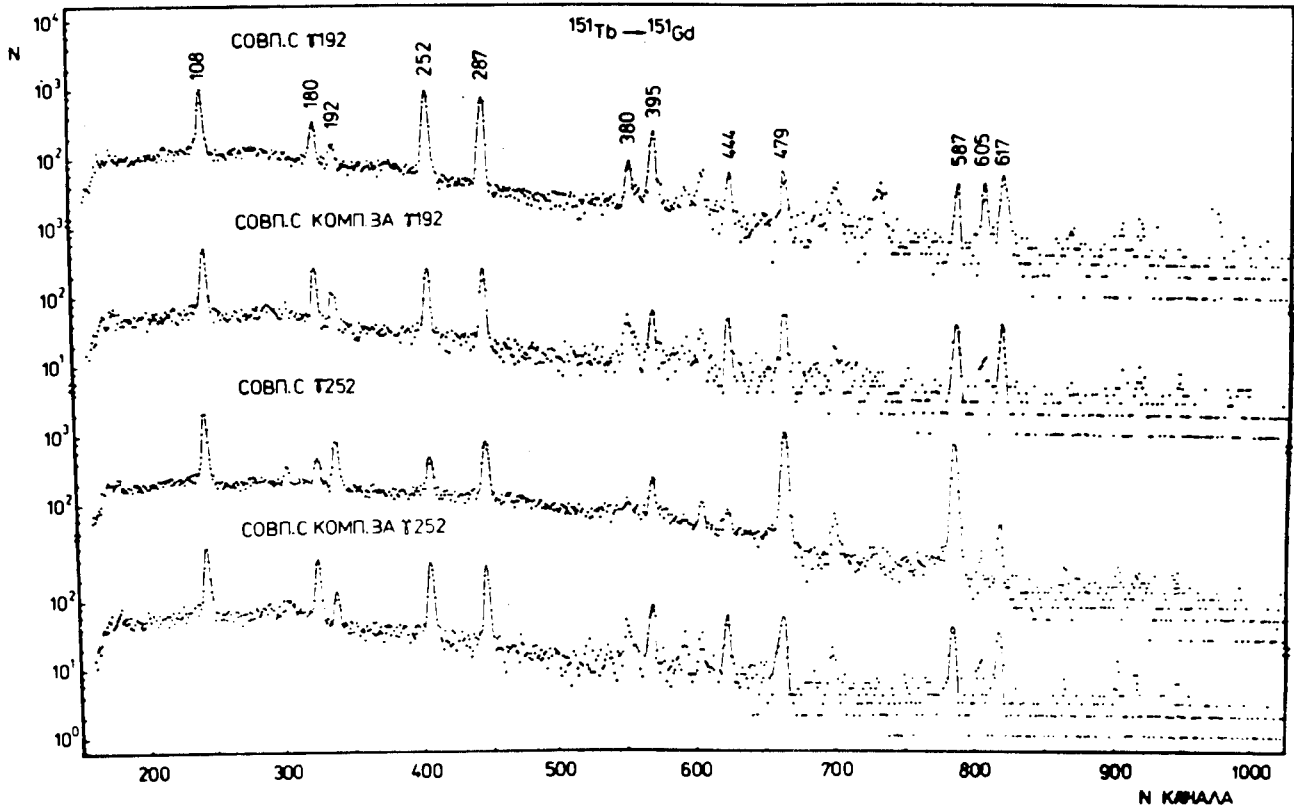


Рис. 2. Спектры совпадений.

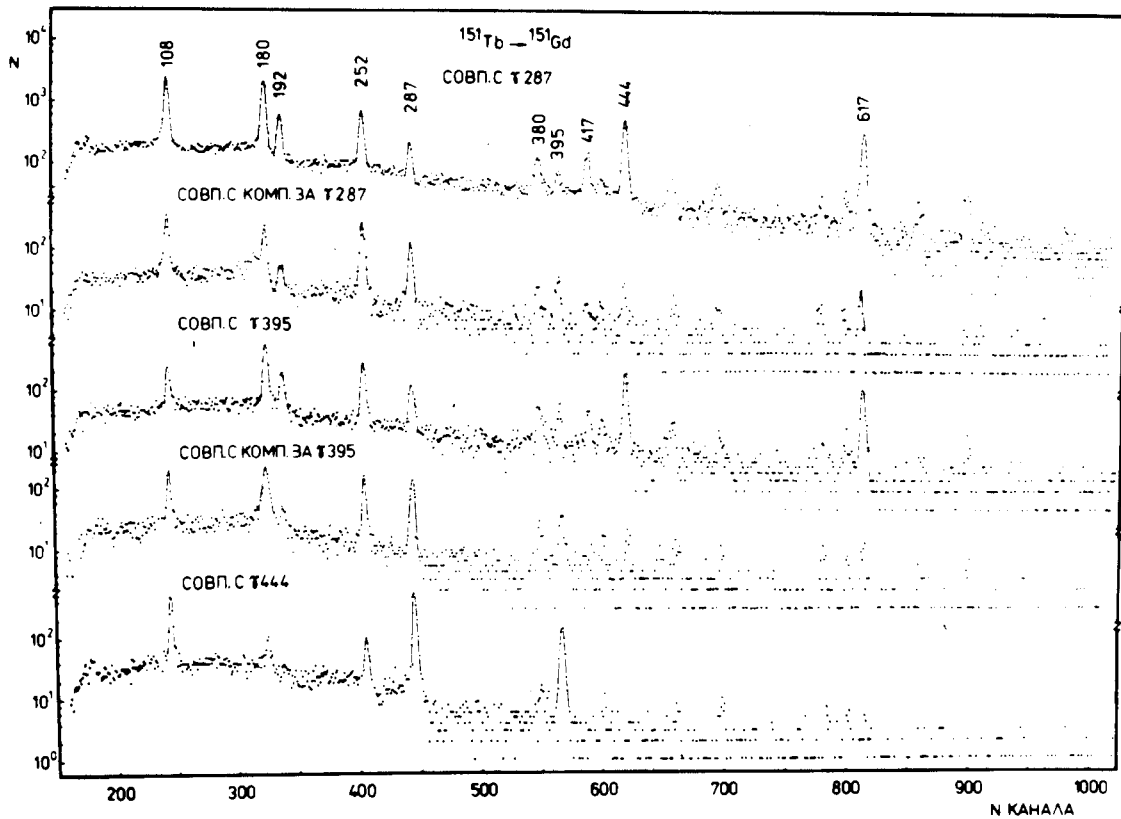


Рис. 3. Спектры совпадений.

Во всех экспериментах для детекторов использовались конусообразные коллиматоры и цилиндрические экраны из 1 мм Cu + 1 мм Gd + 2 мм Pb для защиты от рассеянного γ -излучения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерений коэффициентов функции угловых корреляций в ^{151}Gd представлены в табл. 1. Там же для сравнения приведены результаты работы /17/. Как видно из таблицы, для 17 каскадов коэффициенты A_{22} и A_{44} измерены нами впервые, для остальных каскадов результаты обеих работ в основном согласуются. Исключение составляют каскады 180-287-108 кэВ; 287-108 кэВ и 180-287 кэВ, в угловые распределения которых, если не предпринять специальных мер предосторожности /экраны/, дает большой вклад рассеянное γ -излучение от более жестких γ -переходов, находящихся в каскаде с переходами 108, 180 и 287 кэВ.

При анализе экспериментальных результатов мы исходили из схемы распада $^{151}\text{Tb} \rightarrow ^{151}\text{Gd}$ /рис. 4/, предложенной авторами работ /12,13/, мультипольностей переходов, определенных в работах /9-13/, и значения спина основного состояния $^{151}\text{Gd} I=7/2^{1/}$.

В первую очередь рассмотрим корреляции направлений наиболее интенсивных γ -переходов, находящихся в тройных каскадах 180-287-108 кэВ и 444-287-108 кэВ. В обоих каскадах значения коэффициентов A_{22} измерены для каждой пары переходов. В этом случае удобно использовать параметр

$$R(\gamma_2)_{\text{эксп}} = \frac{A_{22}(\gamma_1\gamma_2) \cdot A_{22}(\gamma_2\gamma_3)}{A_{22}(\gamma_1\gamma_2\gamma_3)},$$

который зависит лишь от мультипольного состава промежуточного перехода в тройном каскаде $\gamma_1-\gamma_2-\gamma_3$ и от последовательности спинов состояний, связанных этим переходом:

$$R(\gamma_2)_{\text{теор}} = \frac{A_2^{(1)}(\gamma_2, I_f - I_i) \cdot A_2^{(2)}(\gamma_2, I_i - I_f)}{U_2(\gamma_2)}.$$

Таблица 1
Значения коэффициента A_{22} и A_{44} функции гамма-гамма угловых корреляций в ядре ^{151}Gd

Каскад, кэВ	Наши данные		Данные работы [17]	
	A_{22}	A_{44}	A_{22}	A_{44}
180-287-108	-0,209±0,014	-0,017±0,028	+0,021±0,103	-0,042±0,167
192-287-108	+0,075±0,040	+0,034±0,081		
287-108	-0,342±0,013	+0,016±0,022	-0,240±0,015	-0,008±0,016
444-287-108	+0,157±0,017	-0,007±0,040		
467-108	+0,237±0,100	-0,025±0,180		
479-108	+0,040±0,011	+0,030±0,023	+0,050±0,015	-0,018±0,034
617-...-108	-0,007±0,037			
692-287-108	-0,050±0,039	+0,016±0,098		
704-108	+0,048±0,020	+0,007±0,041		
731-108	+0,226±0,020	-0,020±0,037	+0,231±0,069	-0,152±0,154
617-180	+0,035±0,038	+0,020±0,095	+0,002±0,031	+0,083±0,082
252-192	-0,148±0,032	+0,004±0,063		
180-287	+0,218±0,019	+0,017±0,036	+0,046±0,018	+0,037±0,042
192-287	-0,055±0,026	-0,011±0,048	-0,036±0,066	-0,160±0,160
380-416-287	+0,111±0,100	-0,012±0,196		
416-287	+0,048±0,056			
444-287	-0,168±0,014	-0,010±0,030	-0,161±0,017	+0,013±0,025
617-180-287	+0,012±0,016	-0,020±0,031		
692-287	+0,057±0,054			
180-395	-0,081±0,044	-0,045±0,096		
192-395	+0,043±0,042	-0,016±0,095		
444-395	+0,099±0,070	+0,013±0,137		
617-467	+0,001±0,034	+0,002±0,179		
252-479	+0,156±0,012	-0,005±0,025	+0,151±0,012	-0,010±0,020
605-479	+0,166±0,025	+0,040±0,045		
252-587	-0,070±0,011	+0,001±0,020	+0,035±0,011	-0,020±0,022
605-587	-0,047±0,016	-0,003±0,035		

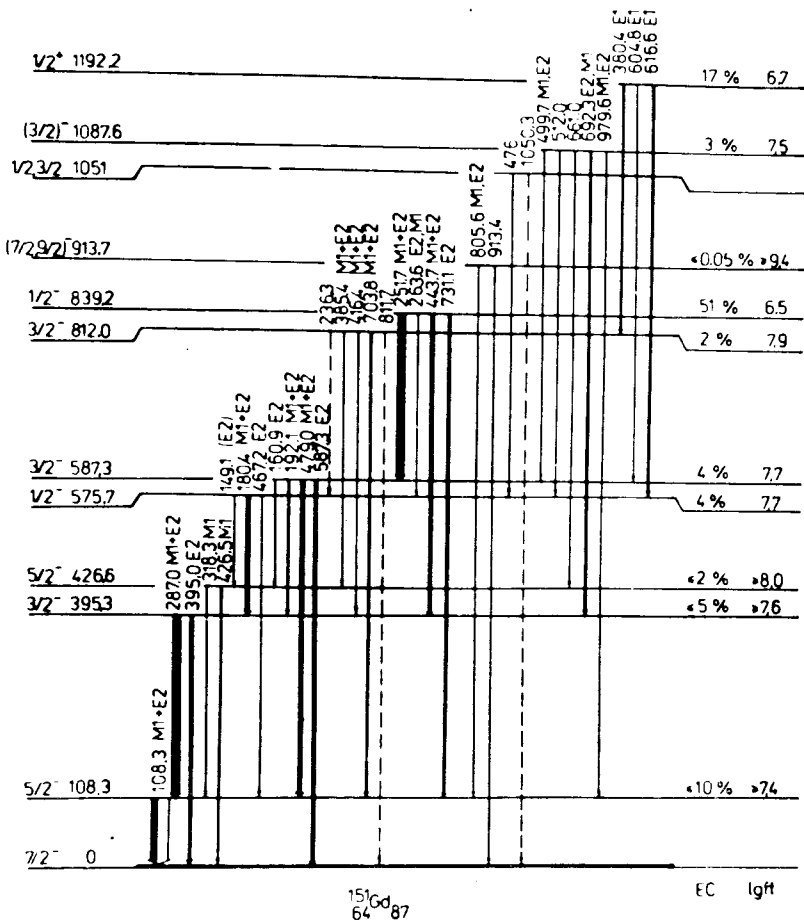


Рис. 4. Фрагмент схемы распада $^{151}\text{Tb} \rightarrow ^{151}\text{Gd}$.

На рис. 5 приведены зависимости $R(\gamma_2)_{\text{теор}}$ от коэффициента $Q(\gamma) = \delta^2(1 + \delta^2)^{-1}$ для $M1+E2$ переходов и последовательности спинов $I_i - I_f$: $3/2-5/2$, $5/2-5/2$ и $7/2-5/2$.

Значения коэффициента $R(\gamma_2)_{\text{эксп}}$ для перехода 287 кэВ , полученные по результатам наших измерений

угловых корреляций обоих рассматриваемых тройных каскадов, хорошо согласуются между собой:

$$R(287)_{\text{эксп}} = +0,357 \pm 0,042 \text{ из каскада } 180-287-108 \text{ кэВ}$$

$$\text{и } R(287)_{\text{эксп}} = +0,366 \pm 0,053 \text{ из каскада } 444-287-108 \text{ кэВ.}$$

Пользуясь средневзвешенным значением $R(287)_{\text{эксп}} = +0,361 \pm 0,033$ и учитывая, что переход 287 кэВ содержит $6\%/_{10}$ квадрупольной примеси, получаем для состояния $395 \text{ кэВ } I = 3/2$ или $7/2$, а для $108 \text{ кэВ } I = 5/2$. При последовательности спинов для состояний 395 и $108 \text{ кэВ } 3/2-5/2$ для перехода 287 кэВ следует значение $Q/287 = 0,043 \pm 0,007$ с $\delta/287 > 0$. Значение спина $7/2$ для уровней 395 и 108 кэВ исключается из результатов работ^{12,13,24}, и приводит к противоречию

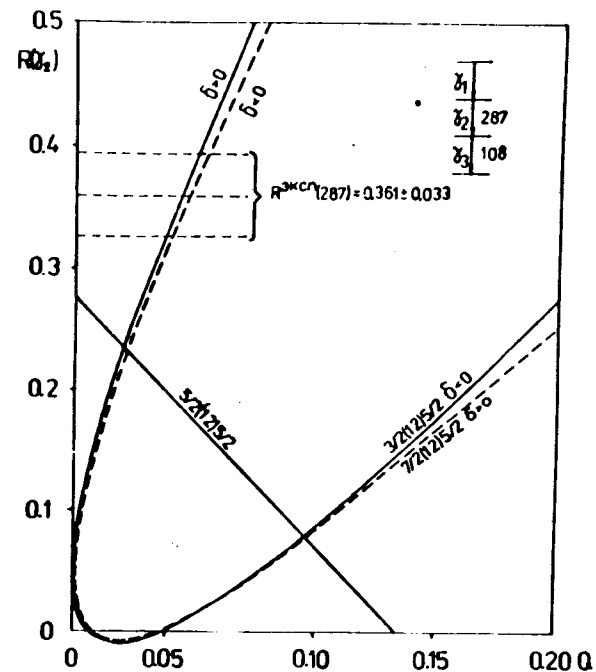


Рис. 5. Зависимость параметра $R(\gamma_2)$ от Q для перехода 287 кэВ .

в полученных нами значениях коэффициентов функции угловых корреляций для многих других каскадов.

Используя выводы о значении и знаке $\delta(287)$ из $A_{22}(287-108)$, имеем для перехода 108 кэВ значения $A_2(108) = -0,465 \pm 0,031$, $Q(108) = 0,28 \pm 0,59$ и $\delta(108) < 0$.

В работах /9,10/ для этого перехода измерены соотношения интенсивностей электронов внутренней конверсии на L-подоболочках. Пользуясь результатами обеих работ и таблицами КВК /25/, получаем $Q(108) = 0,406 \pm 0,024$, что соответствует $A_2(108) = -0,471 \pm 0,001$. При вычислении $Q(108)$ принималась для соотношений $L_1:L_2:L_3$ 10-процентная погрешность. Последнее значение $A_2(108)$ находится в хорошем согласии с приведенным выше нашим результатом. Для дальнейшего анализа каскадов типа $(\gamma-108)$ кэВ используются средневзвешенные значения обоих результатов.

Теперь из повторного анализа значения A_{22} каскада 287-108 кэВ можно уточнить величины $A_2(287)$ и $Q(287)$:

$$A_2^{(1)} = +0,726 \pm 0,028 \text{ и } Q(287) = 0,041 \pm 0,007,$$

а для эмиссионного перехода /нижнего перехода в каскаде/: $A_2^{(2)} = +0,347 \pm 0,018$, который используется при обсуждении коэффициентов A_{22} каскадов $(\gamma-287)$ кэВ.

Анализ угловых распределений каскадов 180-287-108, 180-287, 180-395, 467-108, 617-180, 617-180-287 и 617-...-108 кэВ подтверждает значение спина $I = 1/2$ для уровня 575 кэВ, установленного в работах /12,17/. При этом получаются $Q(180) = 0,006 \pm 0,004$ с $\delta(180) < 0$ и подтверждается квадрупольный характер переходов 395 и 467 кэВ.

На основе мультипольностей переходов, разряжающих уровень 587 кэВ, и схемы Нильссона, этому уровню были приписаны характеристики $5/2^- /12/$.

В работе Ваврычука и др. /17/ по угловым корреляциям уровню 575 кэВ присвоено значение $3/2^-$, которое подтвердилось при изучении реакций $^{152}\text{Gd}(d,t)^{151}\text{Gd}$ и $^{152}\text{Gd}(^3\text{He},\alpha)^{151}\text{Gd}$ в работе Ловхойдена и др. /24/. Совместный анализ полученных нами значений коэффициентов A_{22} для каскадов 192-287, 192-395, 192-287-108 и 479-108 кэВ также дает для этого состояния значение

спина $3/2$, а для переходов 192 и 479 кэВ - следующие примеси компоненты E_2 : $Q(192) = 0,013 \pm 0,013$ с $\delta(192) < 0$ и $Q(479) = 0,997 \pm 0,001$ с $\delta(479) > 0$ или $Q(479) = 0,050 \pm 0,005$ с $\delta(479) < 0$.

На основе измеренных коэффициентов A_{22} каскадов 252-479, 252-587 и 252-192 кэВ при использовании определенных выше коэффициентов смеси переходов 192 и 479 кэВ и учитывая, что мультипольность перехода 587 кэВ - $E_2 /12,13/$, получаем следующие значения для $A_2(252)$:

$$\begin{aligned} +0,49 \pm 0,08 \text{ из } A_{22}(252-287) \\ +0,68 \pm 0,27 \text{ из } A_{22}(252-192) \\ +0,37 \pm 0,20 \text{ из } A_{22}(252-479) \text{ при } \delta(479) > 0 \\ -1,08 \pm 0,12 \text{ из } A_{22}(252-479) \text{ при } \delta(479) < 0. \end{aligned}$$

Последнее значение, соответствующее $\delta(479) < 0$, исключается ввиду явного противоречия с остальными. В среднем для перехода 252 кэВ получаем $A_2(252) = +0,488 \pm 0,072$. Это значение требует приписать уровню 839 кэВ спин $-1/2$ и мультипольность $M1 + \leq 0,3\% E_2$ для перехода 252 кэВ - /рис. 6/. Вывод о мультипольности перехода 252 кэВ находится в согласии с результатами работ по изучению ЭВК /9-12/.

Характеристики $I^\pi = 1/2^-$ приписанные уровню 839 кэВ, подтверждаются также при анализе углового распределения каскада 731-108 кэВ, если переход 731 кэВ рассматривать, согласно данным работ /12,13/, как E_2 . Полученное нами значение $1/2$ для спина рассматриваемого уровня отличается от выводов работ /12,13,17/, в которых этому уровню приписывалось значение $3/2$. Анализ угловых корреляций каскадов 444-287 и 444-395 кэВ, разряжающих уровень 839 кэВ со спином $1/2$, дает для перехода 444 кэВ значение квадрупольной примеси $23,8 \pm 0,9\%$ ($\delta(444) < 0$), что находится в согласии с результатом работы /13/ и близко к результату работы /26/.

Аналогично, анализ коэффициентов A_{22} каскадов 604-479 и 604-587 кэВ, разряжающих уровень 1192 кэВ, приводит к значению коэффициента $A_2(604) = +0,45 \pm 0,10$ такому же, как и для перехода 252 кэВ. При мультипольности перехода 604 кэВ E_1 это значение

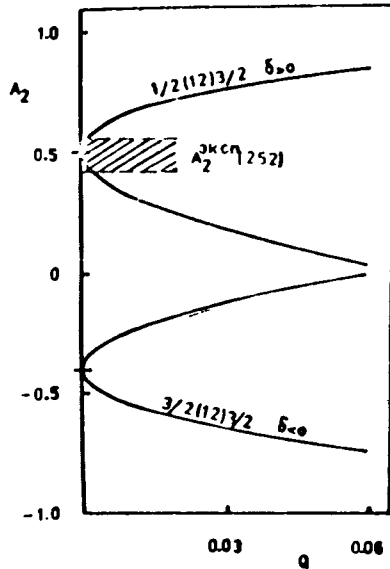


Рис. 6. Зависимость коэффициента A_2 от Q для перехода 252 кэВ.

требует приписать уровню 1192 кэВ, как и уровню 839 кэВ, значение спина 1/2 вместо 3/2, как это предлагалось в работах [12; 13].

Присутствие дипольного E1-перехода 380 кэВ между состояниями 1192 и 812 кэВ требует приписать уровню 812 кэВ $1^\pi = 1/2^-$ или $3/2^-$. Экспериментальные значения коэффициентов A_{22} каскадов 704-108, 416-287 и 380-416-287 кэВ исключают значение 1/2. При этом получают следующие квадрупольные примеси для переходов 416 и 704 кэВ: $Q(416) = 0,13 \pm 0,08$ с $\delta(416) > 0$ и $Q(704) = 0,06 \pm 0,01$ с $\delta(704) < 0$.

Рассматривая мультипольности переходов, разрывающих уровень 1087 кэВ, и измеренные значения коэффициентов A_{22} каскадов 692-287-108 и 692-287 кэВ, приходим к выводу о том, что наиболее вероятное значение спина этого уровня - 3/2, а $Q(692) = 0,99^{+0,005}_{-0,020}$ с $\delta(692) > 0$.

При анализе ряда спектров совпадений гамма-лучей с переходом 180 кэВ проявился слабый переход с энер-

гией 476 кэВ, что подтверждает наличие уровня с энергией 1051 кэВ, установленного Ловхойденом и др. [24] при изучении реакций (d,t) и ($^3\text{He}, \alpha$).

ВЫВОДЫ

Результаты наших исследований угловых корреляций гамма-лучей при распаде ^{151}Tb позволили:

1. Подтвердить значения спинов для возбужденных состояний 108, 395, 575 и 587 кэВ как 5/2, 3/2, 1/2 и 3/2 соответственно, установить значения спинов для

Таблица 2
Мультипольности некоторых переходов в ядре ^{151}Gd

Переход $I_i^\pi (E_i) \rightarrow I_f^\pi$	Мультипольность		δ_j
	из КВК [9-13]	из γ - γ угл. корр.	
$5/2^- (108) 7/2^-$	$M1+(40,6 \pm 2,4)\% E2^a$		$-0,828 \pm 0,024$
$1/2^- (180) 3/2^-$	$M1+(2,9 \pm 1,9)\% E2^a$	$M1+(0,6 \pm 0,4)\% E2$	$-0,075 \pm 0,024$
$3/2^- (192) 3/2^-$	$M1+(1,3 \pm 1,2)\% E2^a$	$M1+(1,3 \pm 0,8)\% E2$	$-0,116 \pm 0,046$
$1/2^- (252) 3/2^-$	$M1+(4,4 \pm 1,0)\% E2^a$	$M1+ < 0,3\% E2$	$\leq 0,051 $
$3/2^- (287) 5/2^-$	$M1+(6,5 \pm 1,9)\% E2^a$	$M1+(4,1 \pm 0,7)\% E2$	$+0,208 \pm 0,016$
$1/2^+ (380) 3/2^-$	E1	E1	
$3/2^- (395) 7/2^-$	$E2(M1), E2$	E2	
$3/2^- (416) 3/2^-$	M1	$M1+(13 \pm 8)\% E2$	$+0,39^{+0,11}_{-0,16}$
$1/2^- (444) 3/2^-$	$M1, M1+E2, E2+E0$	$M1+(23,8 \pm 0,9)\% E2$	$-0,559 \pm 0,014$
$1/2^- (467) 5/2^-$	E1, E2	E2	
$3/2^- (479) 5/2^-$	E2, $M1+E2$	$M1+(99,7 \pm 0,1)\% E2$	$+18,4^{+4,8}_{-3,0}$
$3/2^- (587) 7/2^-$	$E2+M1, E2$	E2	
$1/2^+ (604) 3/2^-$	E1	E1	
$1/2^+ (617) 1/2^-$	E1, $E1+M2$	-	
$3/2^- (692) 3/2^-$	$E2(+M1), M1$	$M1+(99,0 \pm 2,0)\% E2$	$+9,9 \pm 4,2$
		или	
$3/2^- (704) 5/2^-$	$M1+E2, M1$	$M1+(12,2 \pm 4,8)\% E2$	$+0,37 \pm 0,08$
$1/2^- (731) 5/2^-$	E2	$M1+(5,8 \pm 1,1)\% E2$	$-0,248 \pm 0,020$

^{a)} Примеси вычислены по данным работ [9, 10], в которых измерялись соотношения интенсивностей ЭВК на L-подоболочках.

уровней 812, 839, 1087 и 1192 кэВ как 3/2, 1/2, 3/2 и 1/2 соответственно.

2. Определить отношения приведенных матричных элементов для IO смешанных $M1+E2$ переходов /табл.2/.

3. Установление значений спинов уровней 1192, 839 и 575 кэВ как $I=1/2$ в ^{151}Gd , наиболее интенсивно заселяемых /17%, 51% и 4% соответственно/ при распаде ^{151}Tb , подтверждает значение спина основного состояния ^{151}Tb $I = 1/2$ /27,28/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ekstrom C. e.a. *Phys.Scripta*, 1972, 6, p.181.
2. Rosen A. e.a. *Nucl. Phys.*, 1970, A154, p.283.
3. Smith H.J. e.a. *Phys.Rev.Lett.*, 1973, 31, p.944.
4. Smith H.J. e.a. *BARS*, 1975, 20, p.624.
5. Kleinheinz P. e.a. *Phys.Rev.Lett.*, 1974, 32, p.68.
6. Kleinheinz P. e.a. *Nucl.Phys.*, 1977, A283, p.189.
7. Mihelich J.H. e.a. *Phys.Rev.*, 1957., 108, p.989.
8. Стригачев А.Т. и др. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 1961, 25, с.813.
9. Harnatz N. e.a. *Phys.Rev.*, 1962, 128, p.1186.
10. Kormicki K. e.a. *Report of the Institute of Nuclear Physics, Cracow*, 1966, 481/PL.
11. Вильский К. и др. *ЯФ*, 1967, 6, с.672.
12. Гонсиор М. и др. *Acta Phys. Pol.*, 1971, B2, p.307.
13. Hammarén E. e.a. *Z.Phys.*, 1975, A272, p.341.
14. Желепов Б.С., Тишкин П.А., Шишелов И.А. Программа и тезисы докладов XVII Ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1967, с.59.
15. Морозов В.А., Муминов Т.М., Разов В.И. *ЯФ*, 1970, 11, с.921.
16. Афанасьев В.П. и др. *ОИЯИ, Р6-6426*, Дубна, 1972.
17. Ваврыщук Я. и др. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 1972, 36, с.757.
18. Vadica T. e.a. *Z.Phys.*, 1976, A277, p.217.
19. Ваврыщук Я. и др. *ОИЯИ, Р6-10703*, Дубна, 1977.
20. Преображенский Б.И. и др. *Журнал аналитической химии*, 1956, 1, с.2294.
21. Афанасьев В.П. и др. *ОИЯИ, 13-4763*, Дубна, 1969.

22. Аликов Б.А. и др. *ПТЭ*, 1977, 3, с.57.

23. Аликов Б.А. и др. *ОИЯИ, Р13-9607*, Дубна, 1976.

24. Lovhoiden G., Burke D.G. *Can.J.Phys.*, 1975, 53, p.1182.

25. Hager R.S., Seltzer E.S. *Nucl.Data*, 1968, A4, No 1.

26. Кузнецов В.В., Морозов В.А., Муминов Т.М. 1975, 21, с.917.

27. Adelroth K.E. e.a. *Phys.Scripta*, 1970, 2, p.96.

28. Неганов Б.С. и др. Тезисы докладов XXVII Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Изд. "Наука", Л., 1977, с.366.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 декабря 1977 года.