

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

1783/2-80

21/4-80
P6 - 12970

М.Будзынски, О.И.Кочетов,¹ Н.А.Лебедев,
Г.Лизурей, А.И.Муминов,¹ Х.Незгода,
М.Суботович,² Т.Хазратов³

ВОЗМУЩЕНИЕ УГЛОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ
КАСКАДА (180-86) кэВ В ¹⁵⁵Gd

Направлено в "Известия АН СССР, сер. физ."

¹ Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент.

² Университет им. М.Кюри-Склодовской, Люблин, ПНР.

³ Самаркандский государственный университет

1980

Измерения интегральных коэффициентов γ - γ угловых корреляций в ^{155}Gd проводились многими авторами /1-5/. Однако результаты, приводимые в этих работах, не согласуются между собой. Различие особенно велико для каскадов /180-86/ и /340-86/ кэВ - см. табл. 1,2.

Возможно, это обусловлено различным влиянием химического окружения на ослабление угловой корреляции, тем более, что время жизни уровня 86 кэВ достаточно большое: $T_{1/2} = 6,5$ нс. Поскольку 4f-оболочка в ионах Gd^{3+} имеет конфигурацию $8s_{7/2}$, в месте нахождения ядра преобладающую роль играет поле порядка $331 \text{ кгс}^{6/7}$, создаваемое вследствие поляризации остова. Следовательно, в случае ионов Gd время релаксации электронного спина - порядка $10^{-10} \text{ с}^{17/}$ и ослабление корреляции должно быть существенным.

В настоящей работе методом дифференциальных возмущенных угловых корреляций проведены исследования ослабления угловой корреляции каскада /180-86/ кэВ в ^{155}Gd .

Таблица 1 Коэффициенты γ - γ угловой корреляции для каскада /180-86/ кэВ в ^{155}Gd

A_{22}	A_{44}	Вид источника ^{155}Tb в	Работа
-0,201(5)	0	0,1 в растворе HCl в воде	Настоящая
-0,195(19)	+0,030(30)	растворе HCl в воде	/1/
-0,214(6)	+0,090(15)	"-	/2/
-0,182(9)	0	"-	/3/
-0,148(12)	+0,024(11)	растворе царской водки или HCl	/4/
-0,127(22)	-0,032(32)	жидкий источник	/5/

Таблица 2

Значения коэффициентов γ - γ угловой корреляции в ^{155}Gd

Каскад (кэВ)	$A_{22}(A_{22})$					
	Настоящ. раб.	/1/	/2/	/3/	/4/	/5/
148 - 86	+0,020(20)	-0,003(18)	+0,011(13)	+0,089(21)		-0,015(20)
239 - 86	-0,056(20)		-0,042(26)			-0,129(64)
262-(19)-86	+0,026(16)		+0,078(29)			-0,016(15)
340 - 86	+0,174(18)	+0,129(24)	+0,182(17)	+0,135(71)	+0,108(13)	-0,161(3)
(161+163)-105	-0,011(6)		+0,019(6)			
262 - 105	-0,132(7)	-0,122(10)	-0,133(7)	-0,141(85)	-0,098(12)	

2. УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Радиоактивные изотопы ^{155}Tb получались в реакции глубокого расщепления Ta протонами с энергией 660 МэВ на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Радиохимическими методами из облученной мишени Ta выделялся Tb, который затем разделялся по массам на электромагнитном масс-сепараторе изотопов. При этом ионы ^{155}Tb с энергией 25 кэВ внедрялись в алюминиевую фольгу толщиной 25 мкм. Затем эта фольга растворялась в 0,1; 2; 6 и 8 нормальных растворах соляной кислоты в воде. Радиоактивный раствор помещался в флюорографические ампулы размером ϕ 4x8 мм.

Следует отметить, что во всех сериях измерений использовались источники с одинаковой активностью и постоянной концентрацией алюминия в растворе. Центровка проводилась перед измерениями с точностью 0,5% и контролировалась в течение каждого эксперимента.

Спектры задержанных совпадений каскада /180-86/ кэВ определялись при углах 90 и 180° с помощью временного спектрометра с двумя NaJ(Tl) -детекторами ^{87}L . Временное разрешение установки в измерениях мгновенных совпадений комптонов-

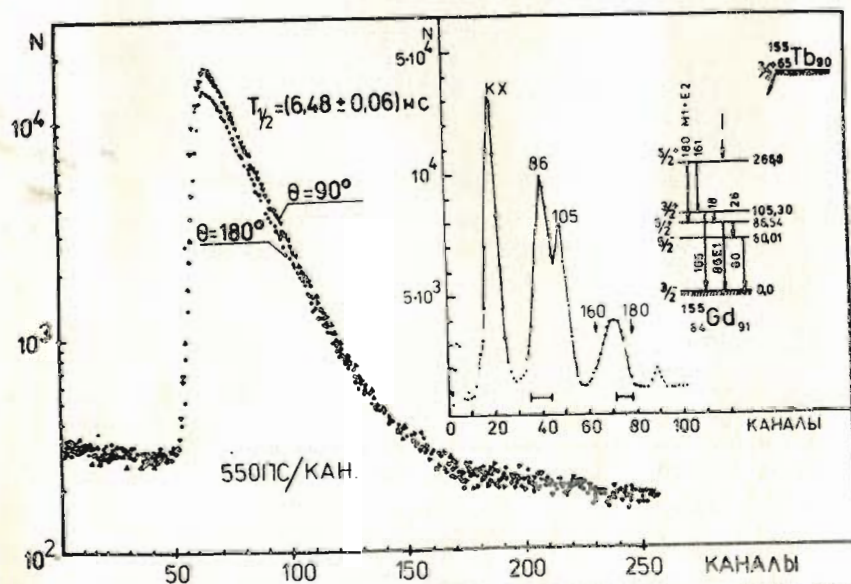


Рис. 1. Кривые задержанных совпадений для каскада /180-86/ кэВ в ^{155}Gd , на вставке: участок спектра γ -лучей, на котором показаны положения энергетических окон и фрагмент схемы распада ^{155}Tb - ^{155}Gd .

ского распределения γ -лучей ^{60}Co с энергиями 90 и 180 кэВ при десятипроцентной ширине энергетических окон составляло $2\tau_0 = 2,6$ нс.

Измерения коэффициентов интегральных угловых корреляций в ^{155}Gd проводились на автоматизированном корреляционном спектрометре с Ge(Li)- и двумя NaJ(Tl) -детекторами ^{89}L . В качестве источника использовался ^{155}Tb , растворенный в 0,1N растворе HCl в воде. Полученные коэффициенты корреляции приведены в табл. 2. На рис. 1 представлен фрагмент схемы распада ^{155}Tb , кривые задержанных совпадений и γ -спектр, на котором показаны положения энергетических окон 86 и 180 кэВ.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Зависимость угловой корреляции от времени задержки можно представить в виде ^{10}L

$$W(\theta, t) = A_0(t) [1 + A_{22}(t) P_2(\cos \theta)], \quad /1/$$

где

$$A_0(t) = A(0) \exp(-\lambda_0 t), \quad /2/$$

$$A_{22}(t) = A_{22}(0) \exp(-\lambda_2 t), \quad /3/$$

$A_{22}(0)$ - значение коэффициента невозмущенной УК, $P_2(\cos \theta)$ - полином Лежандра, λ_0 - постоянная распада промежуточного уровня рассматриваемого каскада, $\lambda_2 = F(I, \omega_M^2, \omega_e^2, \tau_c)$ - параметр релаксации. Экспериментальные функции

$$A_0(t) = 1/3 [N(180^\circ, t) + 2N(90^\circ, t)] \quad /4/$$

и

$$A_{22}(t) = \frac{N(90^\circ, t) - N(180^\circ, t)}{1/2 [N(180^\circ, t) + N(90^\circ, t)]} \quad /5/$$

определялись по спектрам временных распределений совпадений /180-86/ кэВ, измеренных при углах 90 и 180°.

Поскольку в энергетические окна 86 и 180 кэВ попадали также γ -кванты переходов 105 и /161 + 163/ кэВ, то кривая задержанных совпадений в области малых t могла быть искажена, так как время жизни уровня 105 кэВ $T_{1/2} = 1,3$ нс. Коэффициенты $A_0(t)$ и $A_2(t)$ вычислялись начиная с $t = 2$ нс от центра тяжести кривой мгновенных совпадений. После учета случай-

мых совпадений, введения поправок на центровку источников и геометрию NaJ(Tl) -детекторов обработка экспериментальных данных производилась для каждого канала временного спектра по программе PACAT. Предложенная авторами программа PACAT предназначена для определения значений A_{0i} и A_{2i} согласно /4/ и /5/ и прямой подгонки к этим экспериментальным точкам теоретических величин A_0^* , A_2^* , рассчитанных по формулам

$$A_{0i}^* = A_0 \exp(-\lambda_0 i), \quad /6/$$

$$A_{2i}^* = A_{2i}(0) \exp(-\lambda_2 i). \quad /7/$$

Подгонка производится по программе FUMILI^{11/}, в которой минимизируются функции χ_0^2 и χ_2^2 , зависящие от параметров λ_0 , A_0 и λ_2 , A_{22} соответственно.

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^{i_{\max}} \left(\frac{A_{0i} - A_{0i}^*(\lambda_0, A_0)}{\sqrt{A_{0i}}} \right)^2, \quad /8/$$

$$\chi_2^2 = \sum_{i=1}^{i_{\max}} \left(\frac{A_{2i} - A_{2i}^*(\lambda_2, A_{22}(0))}{\sqrt{A_{2i}}} \right)^2. \quad /9/$$

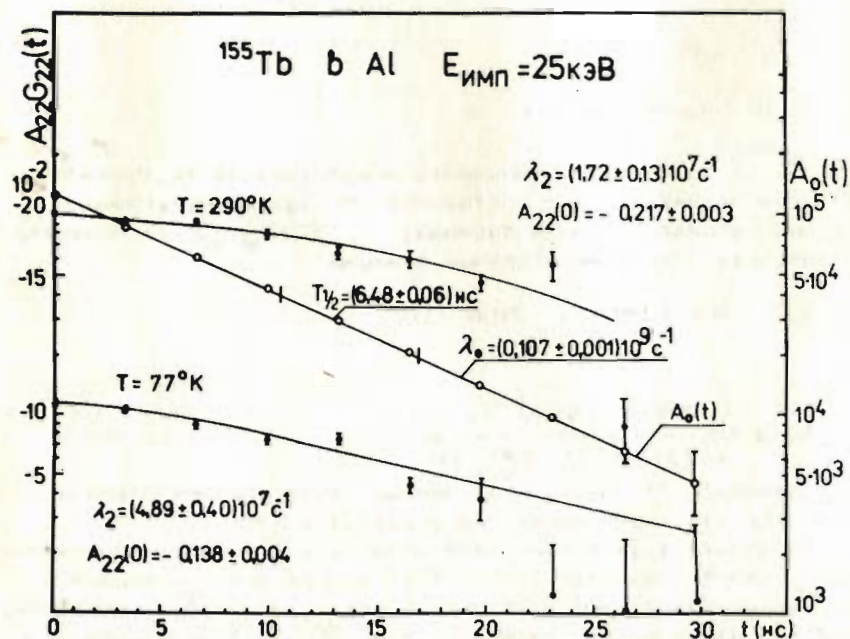
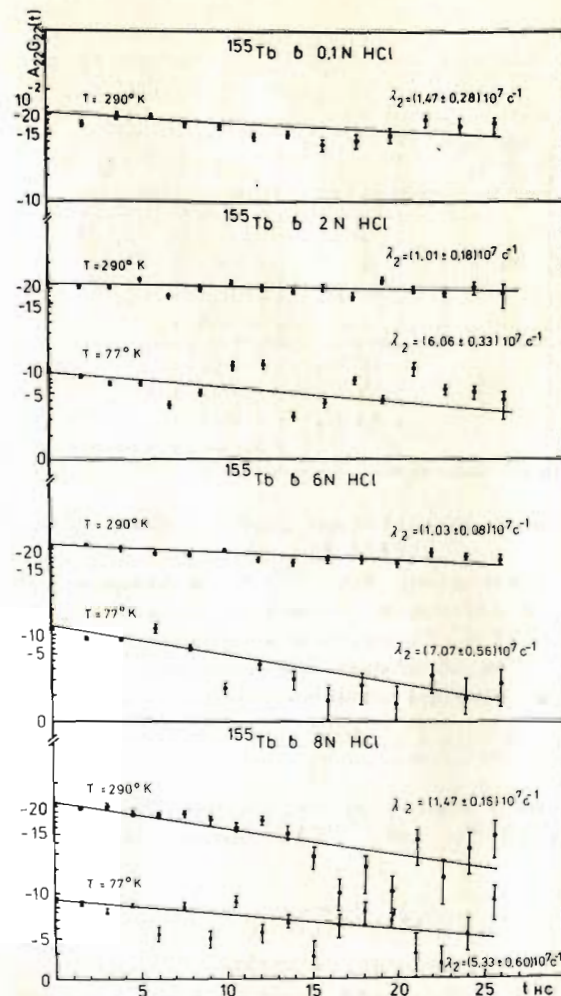


Рис. 2. Зависимости $A_{22}G_{22}(t)$ и $A_0(t)$ от времени задержки.

Рис. 3. Зависимости ослабления коэффициента угловой корреляции от времени задержки.



При использовании программы PACAT необходимо задать начальные значения параметров λ_0 , A_0 , λ_2 и $A_{22}(0)$, полученные с помощью предварительной обработки. Окончательным результатом работы программы PACAT является определение точных значений параметров λ_0 , λ_2 , A_0 и $A_{22}(0)$, при которых функции χ_0^2 и χ_2^2 имеют минимальную величину.

На рис. 2 приведены зависимости $A_{22}(0)G_{22}(t)$ от времени задержки при температурах источника 290 и 77°K, внедренного в алюминиевую фольгу. Там же показана зависимость $A_0(t)$ от времени задержки t /правая шкала/. Параметр релаксации $\lambda_2 = 1,73/13/ \cdot 10^7 \text{ c}^{-1}$ находится в удовлетворительном согла-

Таблица 3 Результаты измерений возмущения угловой корреляции каскада /180-86/ кэВ в ^{155}Gd

Температура (°K)	^{155}Tb в	λ_2 $\times 10^9 \text{ c}^{-1}$	λ_0 $\times 10^9 \text{ c}^{-1}$	$G_{22}(\infty)$	$A_{22}(0)G_{22}(\infty)$
290°K	0,1N HCl	0,014(3)	0,106(1)	0,883(19)	-0,194(6)
	2N HCl	0,010(2)	0,106(2)	0,914(18)	-0,201(5)
	6N HCl	0,011(1)	0,107(2)	0,906(17)	-0,199(5)
	8N HCl	0,015(2)	0,106(1)	0,878(19)	-0,193(6)
	AI	0,017(1)	0,108(1)	0,862(15)	-0,190(5)
77°K	2N HCl	0,061(3)	0,106(1)	0,635(20)	-0,140(5)
	6N HCl	0,071(6)	0,106(5)	0,599(25)	-0,132(6)
	8N HCl	0,053(6)	0,107(1)	0,667(23)	-0,147(5)
	AI	0,049(4)	0,107(1)	0,684(22)	-0,150(5)

сии с результатами других работ: $\lambda_2 = 1,88/43 \cdot 10^7 \text{ c}^{-1}$ /12/ и $\lambda_2 = 1,43/27 \cdot 10^7 \text{ c}^{-1}$ /13/.

Измерения ВУК ^{155}Gd выполнены в 0,1; 2; 6 и 8 нормальных растворах соляной кислоты в воде при температурах 77 и 290°K. Результаты измерений представлены на рис. 3.

При использовании значений λ_2 и λ_0 вычислены интегральные факторы ослабления

$$G_{22}(\infty) = \frac{\lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_2} \quad /10/$$

для каждого случая. Результаты измерений ВУК каскада /180-86/ кэВ ^{155}Gd приведены в табл. 3.

3. ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе экспериментальных результатов дифференциальной возмущенной угловой корреляции получено значение коэффициента невозмущенной корреляции $A_{22}(0) = -0,220(4)$ каскада /180-86/ кэВ. На основании этого результата определен мультипольный состав перехода 180 кэВ $M1 + (3,54^{+0,64}_{-0,77})\% E2$ с отношением смешивания $\delta = 0,188^{+0,018}_{-0,022}$.

Параметры ослабления λ_2 для исследованных концентраций соляной кислоты при 290°K в пределах экспериментальных погрешностей совпадают. Это указывает на то, что молярность раствора почти не влияет на ослабление угловой корреляции. Последнее заключение согласуется с выводами работы /14/, в которой исследовались ослабления угловых корреляций $^{154,156}\text{Gd}$ в зависимости от концентрации соляной кислоты.

Параметры ослабления в случае независимых флуктуаций магнитного и электрического возмущений можно вычислять по формуле /14/.

$$\lambda_k = k(k+1) \{ 1/3 \tau_M \omega_M^2 + 3/5 \tau_e \omega_e^2 [4I(I+1) - k(k+1) - 1] \}, \quad /11/$$

где

$$\omega_M = \frac{\langle \mu \rangle \langle B_z \rangle}{Ih}, \quad \omega_e = \frac{eQ \langle V_{zz} \rangle}{4hI(2I-1)}$$

τ_M и τ_e - времена корреляций статических флуктуаций магнитного и электрического взаимодействий.

Параметры ослабления $\lambda_2(2^+)$ ^{154}Gd , полученные в работах /14,15/, на порядок превышают наше значение $\lambda_2(5/2^+)$ ^{155}Gd . Если считать, что вклад магнитного взаимодействия в ослабление угловой корреляции для обоих случаев одинаков, поскольку g-факторы близки: $g(2^+) = 0,370(40)^{16/}$ и $g(5/2^+) = 0,376(26)^{13/}$, то согласно /11/

$$\frac{\lambda_2(2^+)}{\lambda_2(5/2^+)} = 1,15 \cdot \frac{Q(2^+)}{Q(5/2^+)}. \quad /12/$$

Используя значения $Q(2^+) = 1,68(7)b$ в /16/ и $\lambda_2(2^+) = 0,108(11) \cdot 10^9 \text{ c}^{-1}$ /15/, получаем $Q(5/2^+) = 0,197(28)b$, что хорошо согласуется с результатами работы /18/.

Интегральные коэффициенты угловой корреляции /см. табл. 1-3/ согласуются с данными /1,3/, но существенно отличаются от значений коэффициентов A_{22} , приведенных в работе Бакири и др. /5/. Малое значение A_{22} для каскада /180-86/ кэВ, полученное в работе /5/, трудно объяснить, так как авторы работы не указывают вида раствора источника.

Интегральный коэффициент угловой корреляции для ^{155}Tb в AI в пределах экспериментальных погрешностей совпадает со значениями $A_{22}(0)G_{22}(\infty)$ /см. табл. 3/ для жидких источников. Исходя из полученных данных, а также результатов работы /19/, можно сделать заключение, что при использовании источников, внедренных в алюминиевую фольгу, возмущение γ -угловой корреляции внеядерными полями мало. Видно, что в некоторых случаях можно мерить угловые корреляции в алюминиевой фольге, не растворяя ее.

При температуре жидкого азота коэффициент $A_{22}(0)$ и параметр λ_2 сильно отличаются от соответствующих значений, измеряемых при комнатной температуре. Скорее всего, различие коэффициентов $A_{22}(0)$ обусловлено увеличением эффективного телесного угла вследствие рассеяния γ -квантов на охлаждающем агенте, а параметров λ_2 - ростом времени корреляции при низкой температуре. В работе /15/ было показано, что

в случае ^{154}Gd при понижении температуры источника вклад квадрупольного взаимодействия в ослабление угловой корреляции растет, и при 193°K ($G_{22}=0,65$) ослабление носит чисто квадрупольный характер. В нашем случае фактор ослабления угловой корреляции каскада /180-86/ кэВ при 77°K имеет значение $G_{22}=0,65$. Однако величина $A_{44}=0$ не позволяет сделать выводы о количественном соотношении магнитного и квадрупольного взаимодействий.

Следует отметить, что коэффициент $A_{22}G_{22}(t)$ удовлетворительно описывается экспоненциальной функцией $A_{22}(0)\exp(-\lambda_2 t)$, т.е. в случае ионов Gd^{3+} теория Абрагама-Паунда ^{20/} работает достаточно хорошо.

В заключение авторы выражают благодарность доктору физ.-мат.наук Т.М.Муминову за поддержку и постоянный интерес к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hryniewicz A.Z. et al. JINR, E6-3906, Dubna, 1968.
2. Ваврышук Я. и др. ОИЯИ, P6-5484, Дубна, 1970.
3. Werner D.P. et al. J.Phys. G: Nucl.Phys., 1975, 95, p.1.
4. Бегжанов Р.Б. и др. Изв. АН СССР, сер.физ., 1971, 35, с.135.
5. Bakhru H. et al. Phys.Rev., 1971, C3, p.1603.
6. Stiening R., Deutch M.Phys.Rev., 1961, 121, p.1484.
7. Боденштедт Э., Роджерс Дж.Д. В кн.: Возмущенные угловые корреляции. Под ред. Э.Карлссона и др. Атомиздат, М., 1966.
8. Будзынский М. и др. ОИЯИ, P6-12597, Дубна, 1979.
9. Аликов Б.А. и др. ОИЯИ, P13-9607, Дубна, 1976.
10. Korner H.J. et al. Nucl.Phys., 1966, 86, p.395.
11. Соколов С.Н., Симен И.Н. ОИЯИ, Д-810, Дубна, 1961.
12. Vozek E. et al. Phys.Lett., 1964, 11, p.63.
13. Hryniewicz A.Z. et al. Nucl.Phys., 1966, 80, p.608.
14. Werner H.F. et al. Z.Phys., 1972, 253, p.360.
15. Hammesfahr A. et al. Z.Phys., 1972, 253, p.360.
16. Bauer R.W., Deutch M. Phys.Rev., 1962, 128, p.751.
17. Fokker M. Thesis. Bonn, 1969 (unpublished).
18. Armon H. et al. Phys.Lett., 1973, 43B, p.380.
19. Войцеховска А. и др. ОИЯИ, P6-11574, Дубна, 1978.
20. Abragam A., Pound R.V. Phys.Rev., 1953, 92, p.943.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 декабря 1979 года.