

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Б-903

74-49

1/10 74

6 - 7691

1232/2-74

М.Будзынски, Р.Ион-Михай, В.А.Морозов,
Т.М.Муминов, М.Суботович, Х.Фуя, И.Холбаев

КВАНТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УРОВНЕЙ ^{149}Gd

1974

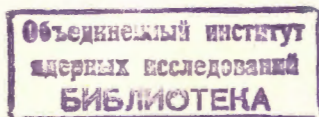
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

6 - 7691

М.Будзынски, Р.Ион-Михай, В.А.Морозов,
Т.М.Муминов,¹ М.Суботович,² Х.Фуя, И.Холбаев¹

КВАНТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УРОВНЕЙ ¹⁴⁹Gd

Направлено в "Изв. АН СССР" (сер. физ.)



¹ Самаркандский государственный университет.

² Университет им. М.К.-Скловской, Люблин.

Будзынски М., Ион-Михай Р., Морозов В.А.,
Муминов Т.М., Суботович М., Фуя Х., Холбаев И. 6 - 7691

Квантовые характеристики уровней ^{149}Gd

Измерены гамма-гамма корреляции каскадов (187-165), (652-165), (862-165), (988-652), (853-352), (988-817) и (988-652-165) кэВ. Установлены спины уровней 352 кэВ - 3/2, 817 кэВ - 5/2, 1026 кэВ - 3/2, 1205 кэВ - 3/2. Уточнены мультипольности ряда гамма-переходов.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1974

© 1974 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

Введение

В данной работе проводилось исследование гамма-гамма угловых корреляций в ^{149}Gd при распаде ^{149}Tb / $T_{1/2} = 4,1$ часа / с целью установления квантовых характеристик возбужденных состояний и уточнения мультипольности переходов. Изучение распада ^{149}Tb / 1-5 / дало возможность построить схему возбужденных состояний ^{149}Gd , определить мультипольности ряда переходов по коэффициентам внутренней конверсии и приписать ряду состояний возможные значения квантовых характеристик на основе рассмотрения мультипольности гамма-переходов.

Постановка эксперимента

Исследования возбужденных состояний ^{149}Gd производились на моноизотопном источнике ^{149}Tb / в 10-процентном растворе соляной кислоты / при использовании автоматического спектрометра для изучения угловых гамма-гамма корреляций /10/ с применением ЭВМ "Минск-2" в режиме трехмерного анализа /6/ с цифровыми окнами. Гамма-лучи регистрировались в одном канале Ge(Li) - детектором объемом 45 см^3 с разрешением 2,7 кэВ на линии ^{60}Co , а в другом канале - сцинтилляционным спектрометром с кристаллом NaI(Tl) размером $\phi 40 \times 40 \text{ мм}$.

Блок-схема установки приведена на рис. 1. Спектрометрические импульсы с детекторов идут через линейные усилители /ЛУ/ и амплитудно-цифровые преобразователи АЦП-4096 и АЦП-512 на ЭВМ "Минск-2".

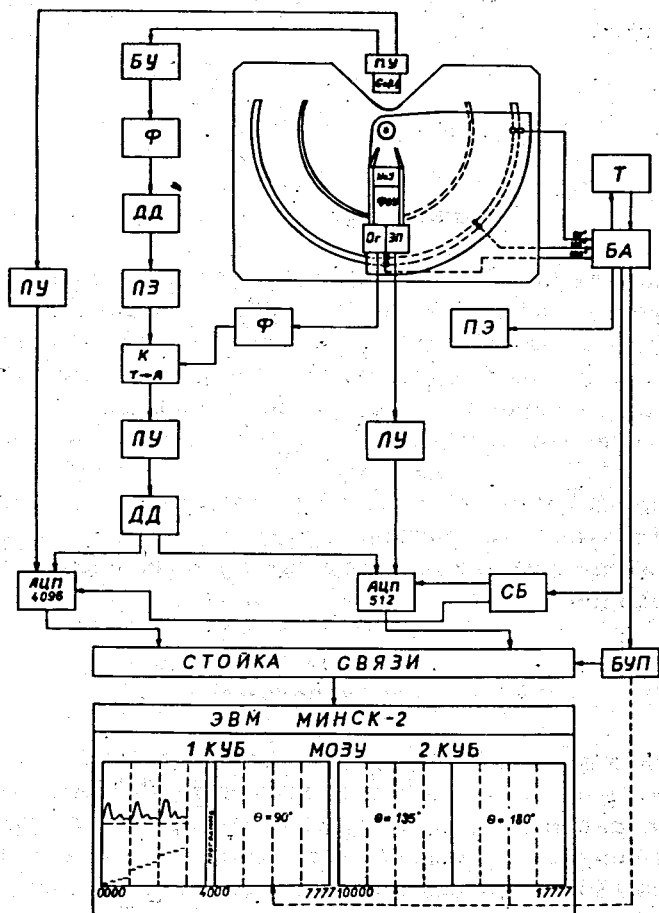


Рис. 1. Блок-схема автоматического спектрометра для измерения угловых гамма-гамма корреляций. БУ - быстрый усилитель, Ф - формователь, ДД - дифференциальный дискриминатор, ЛЗ - линейная задержка, К - время-амплитудный преобразователь, ЛУ - линейный усилитель, АЦП - амплитудно-цифровой преобразователь, Т - таймер, БА - блок автоматики, ПЭ - питание электромотора, СБ - схема блокировки, БУП - блок управления памяти.

Цифровые окна выбирались на спектре от сцинтилляционного детектора для трех угловых значений. В качестве быстрой схемы совпадений был использован время-амплитудный конвертор, линейный усилитель /ЛУ/ и дискриминатор /ДД/. Временное разрешение в данном эксперименте составляло 30 нсек.

Связь корреляционной установки и ЭВМ "Минск-2" проводилась с помощью стойки связи. Разделение памяти ЭВМ осуществлялось блоком управления памяти. Первая четверть памяти была предназначена для цифровых окон, для интегральных спектров совпадений со сцинтилляционного детектора и для программы. Остальные три части использовались для регистрации спектров совпадений с Ge(Li)-детектора для трех разных положений подвижного детектора: 90, 135, 180°.

Экспериментальные результаты

Значения коэффициентов угловых корреляций для исследованных каскадов в ^{149}Gd приведены в табл. 1. При обработке экспериментальных результатов были введены поправки на случайные совпадения и телесные углы для Ge(Li)-детектора /7/ и для кристалла NaI(Tl) /8/.

Как видно из табл. 1, исследовались как двойные, так и тройные гамма-гамма каскады, идущие параллельно с четверными каскадами /рис. 2/ без наблюдения промежуточных переходов. В случае тройных каскадов выражение для коэффициентов угловых корреляций имеет вид:

$$A_{kk} = A_k^{(1)} U_k^{(2)} A_k^{(3)}, \quad /1/$$

где $A_k^{(1)}$ и $A_k^{(3)}$ - коэффициенты угловой корреляции для первого и третьего переходов, $U_k^{(2)}$ - параметр, характеризующий промежуточный гамма-переход.

В случае четверных каскадов

$$A_{kk} = A_k^{(1)} U_k^{(2)} A_k^{(4)} U_k^{(3)}, \quad /2/$$

Таблица I

Экспериментальные значения коэффициентов гамма-гамма
угловых корреляций в ^{149}Gd

Энергия уровня кэВ	Каскад кэВ	$A_{22} \pm A_{22}$	$A_{44} \pm A_{44}$
352,2 165,0 0	187 - 165	$-0,222 \pm 0,028$	$-0,046 \pm 0,058$
816,7 165,0 0	652 - 165	$+0,200 \pm 0,020$	$-0,023 \pm 0,044$
1026,4 165,0 0	862 - 165	$-0,114 \pm 0,032$	$-0,027 \pm 0,070$
1205,1 816,7 165,0	388 - 652	$-0,194 \pm 0,032$	$-0,042 \pm 0,071$
1205,1 352,2 0	853 - 352	$+0,067 \pm 0,031$	$-0,054 \pm 0,064$
1205,1 816,7 0	388 - 817	$-0,105 \pm 0,052$	$+0,050 \pm 0,095$
1205,1 816,7 352,0 165,0 0	$652 (r_1')$ $388 (r_1)$ $165 (r_2)$ $464 (r_1) - 187 (r_2)$	$-0,116 \pm 0,028$	$-0,087 \pm 0,069$

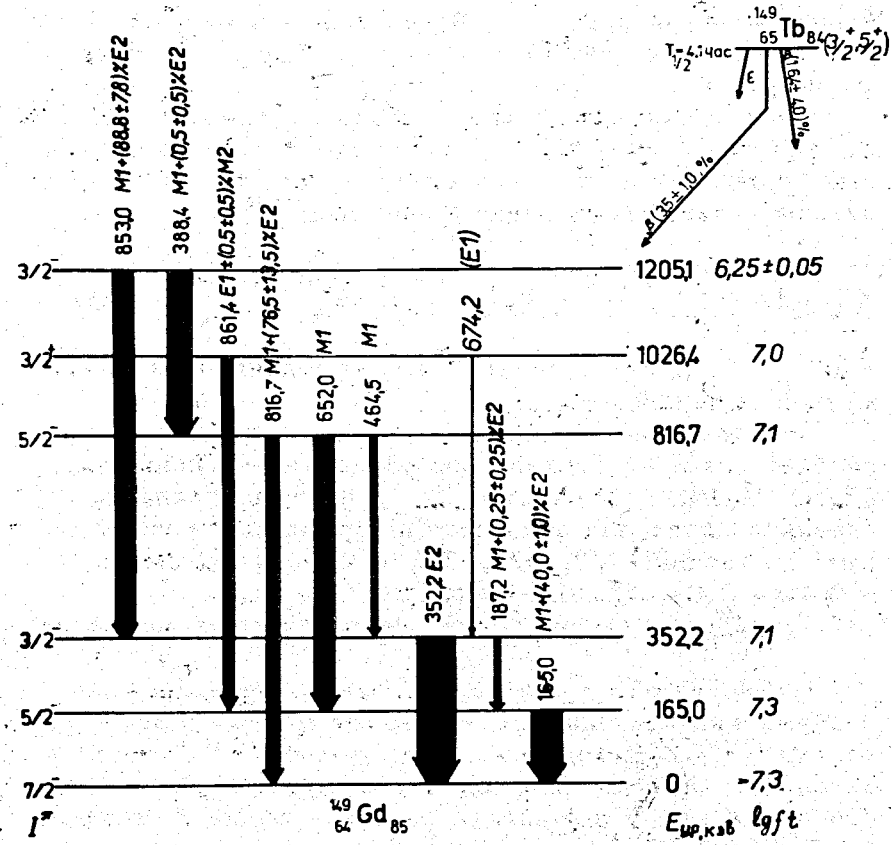


Рис. 2. Фрагмент схемы распада ^{149}Tb .

где $A_k^{(1)}$, $A_k^{(4)}$ - коэффициенты угловой корреляции для первого и четвертого переходов, соответственно. $U_k^{(2)}$ и $U_k^{(3)}$ - параметры, характеризующие второй и третий промежуточные переходы. Выражение параметров $U_k^{(i)}$ для смешанных промежуточных переходов дано в работе /9/.

Если тройные и четверные гамма-гамма каскады $\gamma_1 - \gamma_2 - \gamma_4$ и $\gamma_1 - \gamma_2 - \gamma_3 - \gamma_4$ без наблюдения промежуточных переходов идут параллельно /табл. 1/, то коэффициенты угловой корреляции имеют вид:

$$A_{kk} = J_2' A_k^{(1)} U_k^{(2)} A_k^{(4)} + J_2 J_3 A_k^{(1)} U_k^{(2)} U_k^{(3)} A_k^{(4)}, \quad /3/$$

где J_2' , J_2 и J_3 - относительные интенсивности промежуточных переходов.

При дальнейшем анализе результатов угловых корреляций мы использовали коэффициенты внутренней конверсии /КВК/ из работы /1/ и принимали следующие значения спина для основного и первых двух возбужденных состояний: 7/2, 5/2, 3/2 и параметра смеси $Q = 0,40 \pm 0,01$ перехода с энергией 165 кэВ.

Перейдем к обсуждению исследованных каскадов.

1. Каскад 652 - 165 кэВ разряжает последовательно возбужденные уровни 816,7 и 165,0 кэВ в основное состояние ^{149}Gd . Исходя из схемы распада ^{149}Tb и мультипольностей ряда переходов /1/, уровню с энергией 816,7 кэВ можно приписать значение спина и четности $3/2^-$ или $5/2^-$.

Анализ каскада /652 - 165/ кэВ приводит к следующим значениям мультипольности перехода 652 кэВ/рис.3/: $M1+16,75 \pm 1,75\%$ E2 с $\delta(652) > 0$ /при спинах 3/2, 5/2, 7/2/ и $M1$ /при спинах 5/2, 5/2, 7/2/ для $\delta(165) < 0$ или $M1+1,00 \pm 0,25\%$ E2 с $\delta(652) > 0$ /при спинах 3/2, 5/2, 7/2/ и $M1+1/32 \pm 2\%$ E2 с $\delta(652) < 0$ /при спинах 5/2, 5/2, 7/2/ для $\delta(165) > 0$. Смеси мультипольностей $M1+16,75 \pm 1,75\%$ E2 и $M1+1/32 \pm 2\%$ E2 для перехода 652 кэВ исключаются согласно данным относительно значения КВК для этого перехода. Выбор значения спина уровня

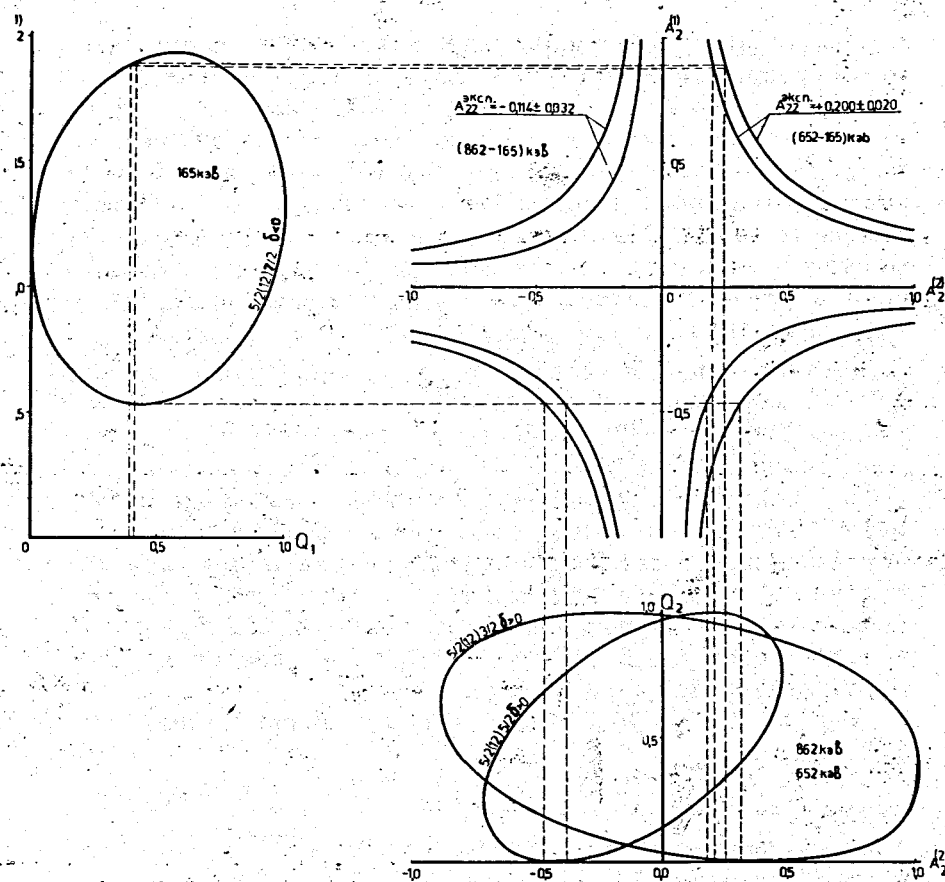


Рис. 3. Графики Арнса-Виденбена для каскадов /652 - 165/ и /862 - 165/ кэВ.

816,7 кэВ 3/2 или 5/2 будет сделан в дальнейшем при рассмотрении других каскадов.

2. Каскад /388 - 652/ кэВ идет между возбужденными уровнями с энергией 1205,1; 816,7; и 165,0 кэВ ^{149}Gd . Учет мультипольности перехода 388 кэВ /1/ и допустимых значений спина 3/2 или 5/2 для уровня 816,7 кэВ позволяет приписать уровню 1205,1 кэВ одно из возможных значений спина - /1/2, 3/2, 5/2, 7/2 /-. Однако значение спина 3/2 для уровня 816,7 кэВ не дает совместного решения уравнения, учитывающего значения спинов уровней 1205,1; 816,7 и 165,0 кэВ и параметров смесей переходов 388 и 652 кэВ /рис. 4/. Это приводит к установлению значения спина уровня 816,7 кэВ как 5/2- и исключение возможного значения спина 1/2- для уровня 1205,1 кэВ. Кроме того, остается одно допустимое значение параметра смеси для перехода 165 кэВ $\delta < 0$, значение которого потребуется при дальнейшем анализе. Экспериментальное значение коэффициента угловой корреляции для рассматриваемого каскада при мультипольности перехода 652 кэВ как M1 приводит к следующим значениям мультипольности перехода 388 кэВ:

M1 + /0,5 ± 0,5/% E2 с $\delta(388) < 0$ /при последовательности спинов 3/2, 5/2, 5/2/

M1 + /47,5 ± 95,0/% E2 с $\delta(388) < 0$ /при спинах 5/2, 5/2, 5/2/ и

M1 + /5,5 ± 3,0/% E2 с $\delta(388) < 0$ /при спинах 7/2, 5/2, 5/2/.

Причем значение M1 + /47,5 ± 95,0/% E2, так же как и значение спина 5/2 для уровня 1205,1 кэВ, исключается на основе данных о КВК.

3. Тройной каскад /388 - 652 - 165/ кэВ идет параллельно с четверным каскадом /388 - 464 - 187 - 165/ кэВ. Расчет теоретического коэффициента угловой корреляции /формула /3// дают:

$A_{22} \text{ теор.} = +0,026 \pm 0,015$ при спинах 7/2 - 5/2 - 3/2 - 5/2 - 7/2 и

$A_{22} \text{ теор.} = -0,082 \pm 0,015$ при спинах 3/2 - 5/2 - 3/2 - 5/2 - 7/2.

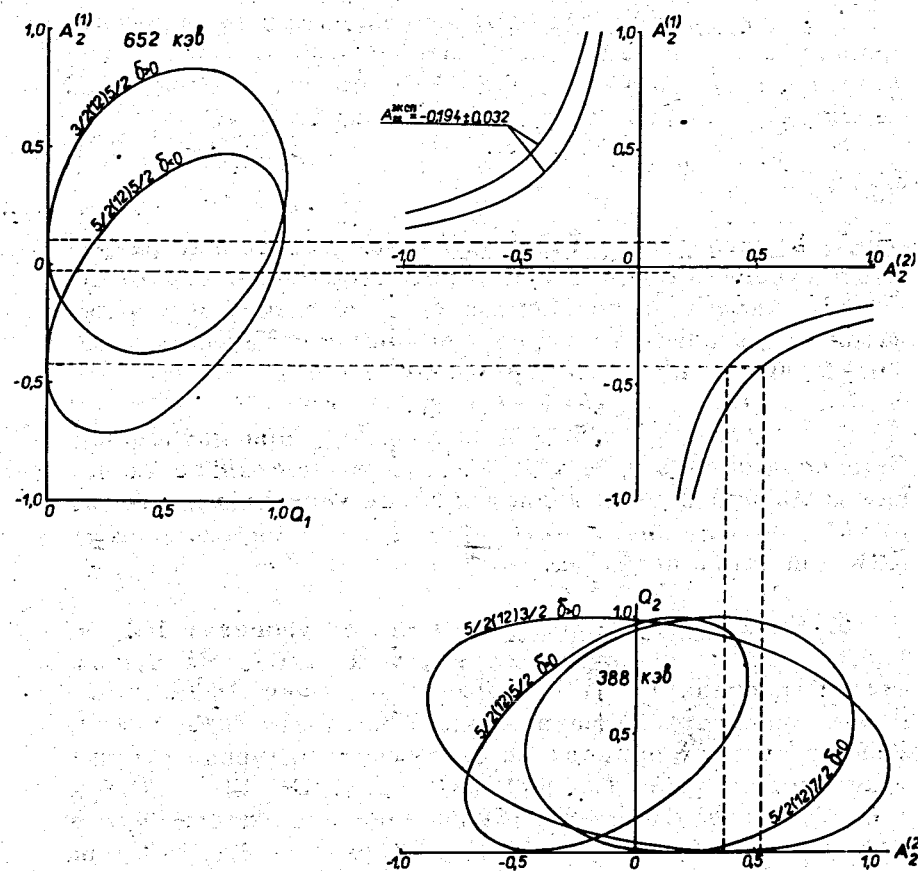


Рис. 4. График Арнса-Виденбека для каскада /388 - 652 / кэВ.

Последнее значение $A_{22}^{\text{теор}}$ находится в удовлетворительном согласии с экспериментальным $A_{22}^{\text{эксп}} = -0,116 \pm 0,028$, что позволило нам приписать значение спина $3/2$ уровню $1205,1$ кэВ.

4. Каскад /853 - 352/кэВ последовательно разряжает уровни $1205,1$ и $352,2$ кэВ в основное состояние ^{149}Gd . Анализ этого каскада /рис. 5/ приводит к следующей смеси мультипольностей для перехода 853 кэВ.

$M1 + /88,8 \pm 7,8/\% E2$ с $\delta(853) < 0$ при спинах $3/2, 3/2, 7/2$.

5. Каскад /388 - 817/ кэВ последовательно разряжает уровни $1205,1$ и $816,7$ кэВ в основное состояние ^{149}Gd . Анализ этого каскада /рис. 6/ с учетом результатов предыдущих каскадов приводит к следующим смесям мультипольностей перехода $816,7$ кэВ

$M1 + /13,5 \pm 11,5/\% E2$ с $\delta(817) < 0$ и

$M1 + /76,5 \pm 13,5/\% E2$ с $\delta(817) < 0$ при последовательности спинов $3/2, 5/2, 7/2$, причем последнее значение мультипольности является более вероятным, так как лучше соответствует экспериментально определенному КВК для этого перехода.

6. Каскад $862 - 165$ кэВ идет между уровнями $1026,4; 165,0$ кэВ и основным состоянием ^{149}Gd . На основе схемы распада ^{149}Tb уровню с энергией $1026,4$ кэВ можно приписать значение спина и четности $3/2, 5/2$. Анализ каскада приводит к следующим значениям мультипольности перехода 862 кэВ /рис. 3/: $E1 + /0,5 \pm 0,5/\% M2$ с $\delta(862) > 0$ /при последовательности спинов $3/2, 5/2, 7/2$ / или $E1 + /33,5 \pm 6,0/\% M2$ с $\delta(862) < 0$ /при спинах $5/2, 5/2, 7/2$ /.

Данные по изучению КВК этого перехода позволяют исключить вторую возможность и установить, таким образом, спин состояния $1026,4$ кэВ как $3,2^+$.

7. Каскад /187 - 165/ кэВ разряжает последовательно уровни $352,2$ и $165,0$ кэВ в основное состояние ^{149}Gd . Для перехода 187 кэВ получается значение мультиполь-

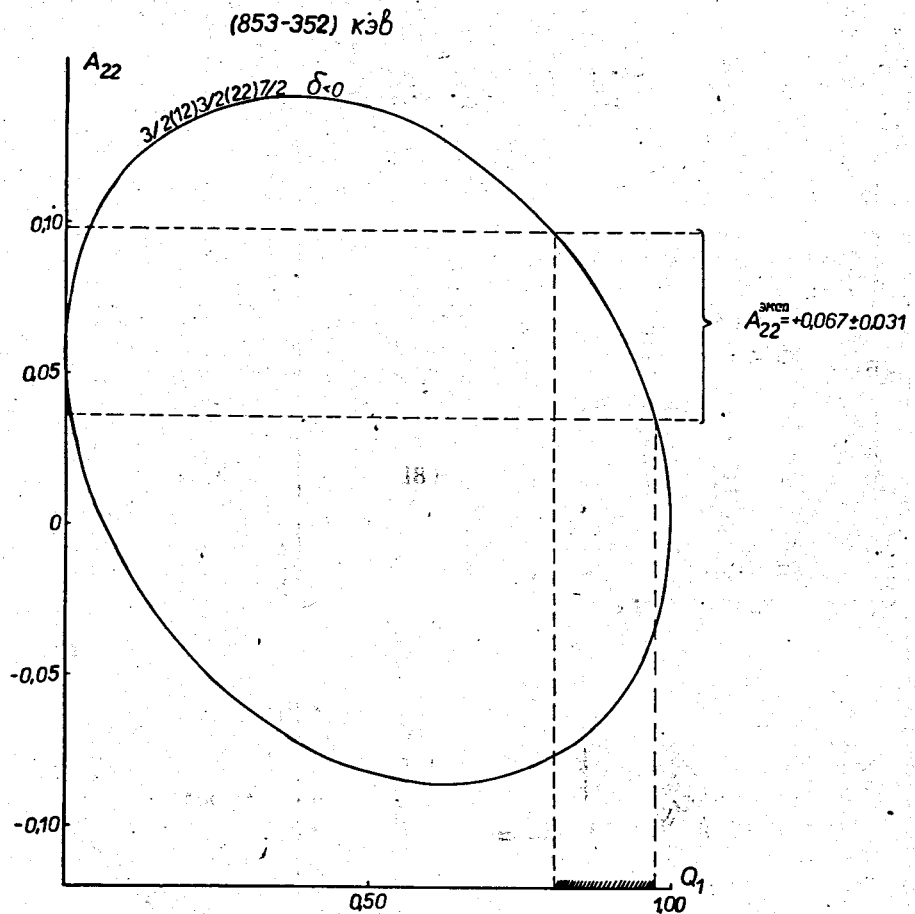


Рис. 5. График Арнса-Виденбека для каскада /853 - 352/ кэВ.

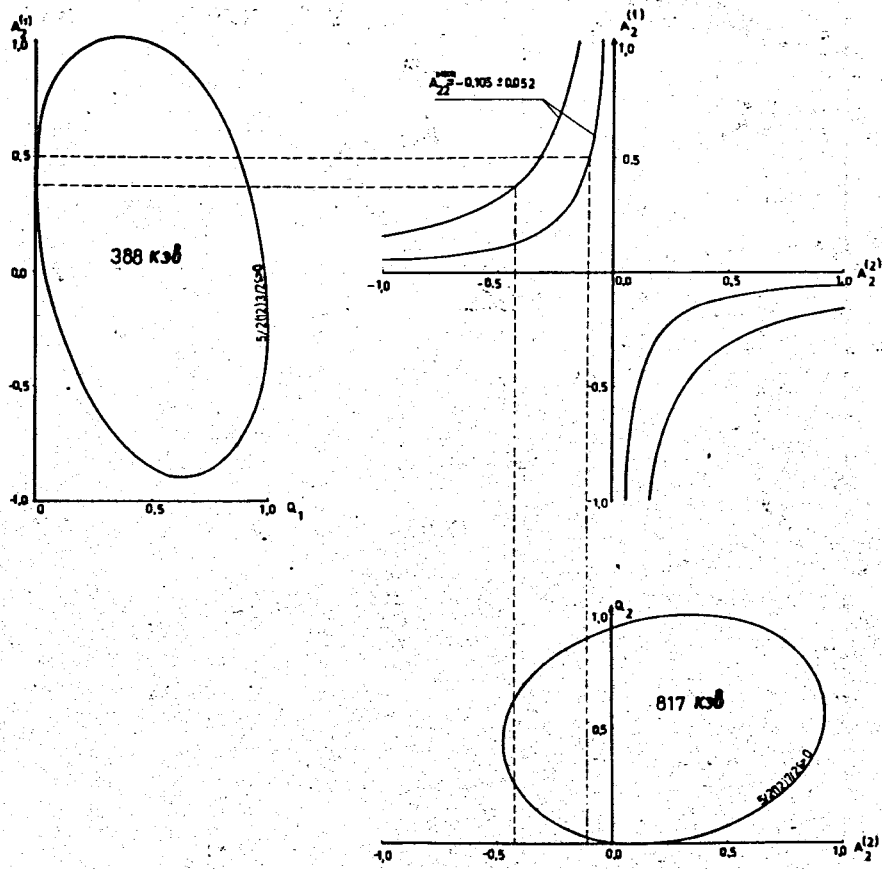


Рис. 6. График Арнса-Виденбека для каскада /388 - 817/ кВ.

Таблица 2

Мультипольности переходов в $I_{49} G_d$, полученные при анализе угловых корреляций

Энергия перехода кэВ	Мультипольности переходов		Знак δ
	работа / I/	наша работа	
165,0	MI+(40±I)%E2	"	<0
187,2	MI	MI+(0,25±0,25)%E2	<0
352,2	E2	"	"
388,4	MI	MI+(0,5±0,5)%E2	<0
652,0	MI	MI	"
816,7	E2	MI+(76,5±13,5)%E2	<0
853,0	E2	MI+(88,8±7,8)%E2	<0
861,4	E1	E1+(0,5±0,5)%M2	>0

ности /рис. 7/ $M1 + /0,25 \pm 0,25/\% E2$ с $\delta(187) < 0$, что хорошо согласуется с данными работы /1/. Этот каскад подтверждает последовательность спинов $3/2, 5/2$ и $7/2$ для уровней с энергией $352,2; 165,0$ кэВ и основного состояния ^{149}Gd .

Таким образом, результаты исследования угловых корреляций в ^{149}Tb показали непротиворечивость данных, полученных при изучении схемы распада ^{149}Tb и КВК рассматриваемых переходов. Однако необходимо отметить трудность однозначной интерпретации природы возбужденных состояний ^{149}Tb без привлечения дополнительных сведений о временах жизни уровней и абсолютных значений коэффициентов внутренней конверсии для ряда гамма-переходов.

Авторы благодарны К.Я.Громову за постоянную поддержку в работе, М.Я.Кузнецовой и В.В.Кузнецову за интерес, проявленный к данным исследованиям.

Литература

1. Ц.Вылов, К.Я.Громов, И.М.Громова, Г.И.Исхаков, В.В.Кузнецов, М.Я.Кузнецова, Н.А.Лебедев, М.И.Фоминых. Препринт ОИЯИ, Р6-6511, Дубна, 1972; Изв. АН СССР, сер. физ., 36, 2118, ч. 1, 2124, ч.2 /1972/.
2. K.S.Toth, J.O.Rasmussen, J. Inorg. Nucl. Chem., 10, 198 (1958).
3. К.Вильский, К.Я.Громов, Ж.Желев, В.В.Кузнецов, Г.Музиоль, О.Б.Нильсон, О.Скилбрайт. Изв. АН СССР, сер. физ., 32, 187 /1968/.
4. Б.Амов, Ц.Вылов, Ж.Желев, А.И.Калинин, Б.П.Осипенко и др. Препринт ОИЯИ, Д6-5783, 185, Дубна, 1971.
5. К.Я.Громов, И.И.Громова, Г.И.Исхаков, В.В.Кузнецов, М.Я.Кузнецова и др. Препринт ОИЯИ Д6-5783, Дубна, 118 /1971/.
6. В.С.Александров, Ф.Дуда, О.И.Елизаров, Г.П.Жуков и др. Препринт ОИЯИ, 13-4273, Дубна, 1969; Изв. АН СССР, сер. физ., 34, 69 /1970/.
7. D.C.Camp, A.L.Van Lehn. Nucl. Instr. Meth., 76, 192 (1969).
8. А.Ф.Фергюсон. Методы угловых корреляций в гамма-спектрокопии, Атомиздат, Москва /1969/.
9. H.J.Rose, D.M.Brink. Rev.Mod.Phys., 39, 306 (1967).

10. Я.Ваврышук, В.Жук, Э.Крупа, В.И.Разов, Я.Сажински, М.Суботович, В.И.Фоминых. Сообщение ОИЯИ, 13-3500, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 января 1974 года.

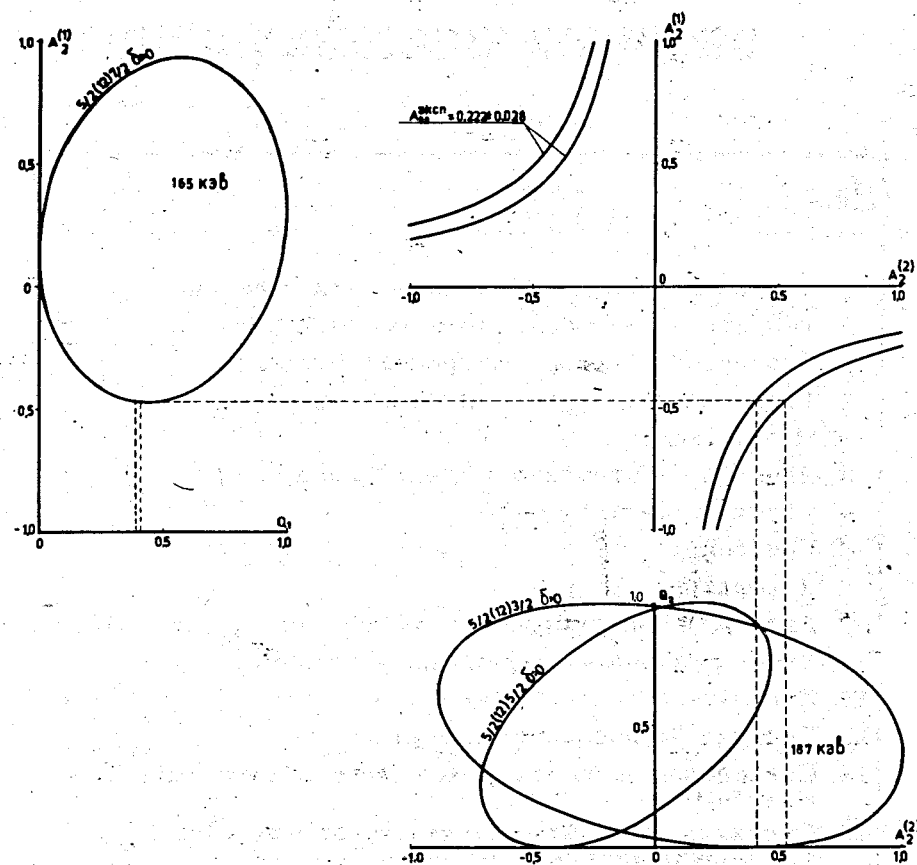


Рис. 7. График Арнса-Виденбена для каскада /187 - 165/ кэВ.