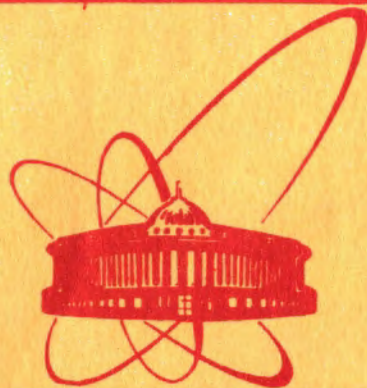


2714/2-80

23/II-80



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P6-80-163

М.Будзынски, Е.П.Григорьев, К.Я.Громов,
О.И.Кочетов, Г.Лизурей, Х.Незгода, А.И.Муминов,
М.Суботович, Т.Хазратов, Ю.В.Юшкевич

УГЛОВЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ γ -ЛУЧЕЙ В ^{166}Er

Направлено в "Известия АН СССР, серия физическая"

1980

1. ВВЕДЕНИЕ

Схема возбужденных уровней ^{186}Er в области энергий до 2,5 МэВ хорошо изучена в результате исследований как распада ^{186}Tm и ^{186}Ho , так и ядерных реакций $^{11-5/}$. В работе $^{12/}$ измерены коэффициенты внутренней конверсии /КВК/ переходов, разряжающих уровни 2133,0 и 2160,3 кэВ ^{186}Er , определены их мультипольности и выполнен анализ приведенных вероятностей M1- и E2-переходов. Оказалось, что эти переходы не подчиняются правилам Алаги. Интенсивности γ -лучей, разряжающих уровни 2133,0 и 2160,3 кэВ, в основном объяснены на основе предположения, что их волновые функции содержат компоненты с $K=2$ и $K=3$. Углубленный анализ возможен после уточнения мультипольного состава этих γ -переходов. Используемый метод γ - γ угловых корреляций позволяет уточнить мультипольности, которые оценены ранее на основе применения коэффициентов внутренней конверсии $^{13/}$. Для измерений функций γ - γ угловых корреляций использовалась установка, содержащая один $\text{Ge}(\text{Li})$ - и два $\text{NaI}(\text{Tl})$ -детектора $^{16/}$.

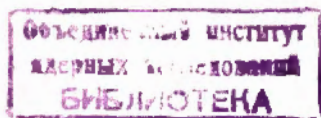
2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ

В ходе исследований использовались источники $^{186}\text{Yb} / T_{1/2} = 57,5 \text{ ч} \rightarrow ^{186}\text{Tm} / T_{1/2} = 7,7 \text{ ч}$, удобные вследствие большого периода полураспада материнского изотопа ^{186}Yb . При радиоактивном распаде ^{186}Yb возникает один интенсивный γ -переход с энергией 82 кэВ, который не дает вклада в измеряемые спектры совпадений.

Источники были получены в реакции глубокого расщепления тантала протонами с энергией 660 МэВ на синхротронном ускорителе Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. После хроматографического разделения редкоземельных элементов фракция иттербия разделялась на электромагнитном масс-сепараторе. Алюминиевая фольга с внедренным радиоактивным источником ^{186}Yb растворялась в 0,1N растворе HCl в воде. Источник в жидком состоянии помещался в плексигласовую ампулу размером $6 \times 4 \times 8 \text{ мм}$.

3. ИЗМЕРЕНИЯ γ - γ УГЛОВЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ

Проводились измерения угловых корреляций различных γ -лучей с γ -лучами переходов в ротационной полосе основного состоя-



ния с энергией 81 кэВ ($2^+ \rightarrow 0^+$) и 184 кэВ ($4^+ \rightarrow 2^+$). "Окна" в обоих сцинтилляционных трактах последовательно устанавливались на одинаковых энергетических интервалах, соответствующих γ -переходам с энергией 81 и 184 кэВ, а также на соседних участках комptonовского распределения /рис.1/. Совпадения /рис.1 и 2/ регистрировались Ge(Li)-детектором. Угловое положение сцинтилляционных детекторов / $\theta = 90^\circ, 135^\circ$ и 180° / менялось циклическим образом с временем экспозиции 200 с. При вычислении для всех каскадов коэффициентов A_{kk} функции угловой корреляции учитывались случайные совпадения и совпадения с импульсами

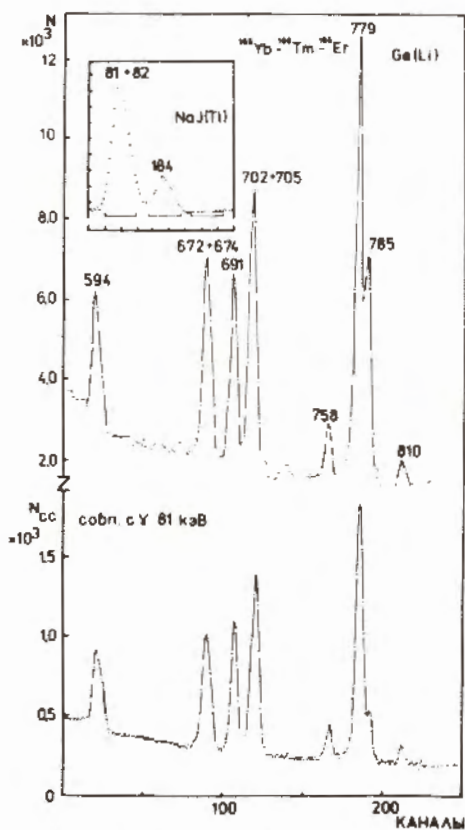


Рис.1. Одиночный γ -спектр и спектр совпадений с γ -лучами 81 кэВ для γ -лучей в области энергий 580-810 кэВ. На вставке показан участок спектра с выбранными окнами.

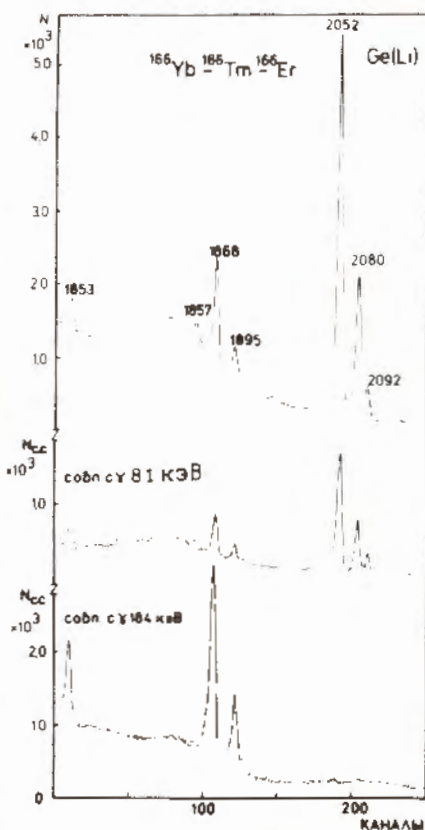


Рис.2. Одиночный спектр и спектры совпадений с γ -лучами 81 и 184 кэВ для γ -лучей в области энергий 1600-2100 кэВ.

от комptonовского распределения других γ -переходов. Вводились поправки, обусловленные смещением источника от геометрического центра и конечными телесными углами Ge(Li)- и NaJ(Tl)-детекторов. Результаты измерений /со всеми введенными поправками/ приведены в табл.1.

При анализе измеренных значений коэффициентов функции угловых корреляций с использованием метода Арнса-Виденбека мы исходили из схемы уровней ^{166}Er , предложенной в [3], и принимали, что γ -переходы с энергией 81 кэВ ($2^+ \rightarrow 0^+$) и 184 кэВ ($4^+ \rightarrow 2^+$) являются "чистыми" E2-переходами /рис.3/.

На основании результатов анализа коэффициентов A_{22} каскадов 594 - /184/ - 81; 672 - /705/ - 81 и 681 - /184/ - 81 кэВ определен мультипольный состав переходов 594, 672 и 691 кэВ /табл.2/.

Таблица 1

Экспериментальные значения коэффициентов угловых корреляций в ^{166}Er

Каскад /кэВ/	$I_1 - I_1' - I_1''$	$A_{22}(\Delta A_{22})$	$A_{44}(\Delta A_{44})$
705-81	$2^+ - 2^+ - 0^+$	-0,064 (6)	-0,30 (5)
779-81	$3^+ - 2^+ - 0^+$	-0,112 (8)	-0,009 (27)
2052-81	$3^+ - 2^+ - 0^+$	-0,080 (15)	-0,02 (3)
2080-81	$3^+ - 2^+ - 0^+$	-0,059 (25)	-0,02 (5)
2092-81	$3^+ - 2^+ - 0^+$	+0,00 (4)	-0,03 (9)
I653-I84	$3^- - 4^+ - 2^+$	-0,100 (14)	0,000 (23)
I868-I84	$3^+ - 4^+ - 2^+$	-0,207 (7)	-0,107 (15)
I895-I84	$3^+ - 4^+ - 2^+$	-0,266 (12)	-0,127 (22)
594-(184)-81	$3^+ - 4^+ - 2^+ - 0^+$	-0,008 (11)	-0,031 (20)
672-(705)-81	$2^- - 2^+ - 2^+ - 0^+$	+0,009 (11)	-0,031 (20)
691-(184)-81	$4^+ - 4^+ - 2^+ - 0^+$	-0,021 (12)	+0,031 (20)
758-(672)-(705)-81	$2^-, 3^- - 2^- - 2^+ - 2^+ - 0^+$	-0,023 (26)	-0,132 (50)
810-(184)-81	$5^+ - 4^+ - 2^+ - 0^+$	-0,12 (3)	+0,02 (6)
I653-(184)-81	$3^- - 4^+ - 2^+ - 0^+$	-0,012 (31)	+0,009 (60)
I868-(184)-81	$3^+ - 4^+ - 2^+ - 0^+$	-0,188 (12)	-0,173 (21)
I895-(184)-81	$3^+ - 4^+ - 2^+ - 0^+$	-0,26 (3)	-0,14 (7)

Таблица 2

Смеси мультипольностей γ -переходов в ^{186}Er

E _γ (кэВ)	мультипольность		δ	
	из КВК /3/	из γ -J(θ)	Настоящая работа	Другие
594	E2	99,97% E2 + (0,03 \pm 0,11)% MI	-57,7 \pm 26,7	-9 \pm 19 /4/
672	E1	E1 + <0,01% M2	<-0,01	
691	E2	93,2% E2 + (6,8 \pm 1,4)% MI	-3,7 \pm 0,5	-10 \pm 4 /4/ -3,3 \pm 3,0 /5/
705	E2	99,8% E2 + (0,20 \pm 0,08)% MI	-22 \pm 13	-21 /1/ -19 \pm 9 /5/
758	M1	M1 + <32% E2		
779	E2	98,6% E2 + (0,4 \pm 0,2)% MI	-8,4 \pm 0,7	10 /1/ -10 \pm 0 /4/
810	E2, MI	E2 + <0,35% MI	<-17	-30 /1/ -20 \pm 4 /4/ -37 \pm 10 /5/
1653	E1	E1 + <0,1% M2	<-0,03	
1868	E2 + <13% MI	92,4% E2 + (7,6 \pm 0,4)% MI	-3,49 \pm 0,04	
1895	E2 + <8% MI	87,4% E2 + (12,6 \pm 0,3)% MI	-2,59 \pm 0,01	
2052	E2 + (20 \pm 10)% MI	97,5% E2 + (2,5 \pm 0,5)% MI	-7,0 \pm 0,1	
2080	E2 + (10 \pm 30)% MI	96,4% E2 + (3,6 \pm 0,6)% MI	-5,2 \pm 0,5	
2092	E2, MI	93% E2 + (7 \pm 2,9)% MI	-3,65 \pm 0,7	

Каскад 705 - 81 кэВ связывает γ -вибрационное состояние $I^\pi = 2^+$ с энергией 786 кэВ и основное состояние $I^\pi = 0^+ /3/$. Анализ коэффициентов функции угловой корреляции этого каскада приводит к мультипольности для перехода с энергией 705 кэВ типа $E2 + (0,20 \pm 0,08)\% MI$. Малая примесь компонента M1 характерна для разрядки γ -вибрационных уровней. На рис. 4 показан график Арнса-Виденбека для гамма-переходов 779, 2052 и 2030 кэВ.

Переходы каскада 810 - /184/ - 81 связывают возбужденные состояния с энергиями 1075, 265 и 81 кэВ с основным состоянием. На основании значения A_2 перехода 810 кэВ /рис. 5/, разряжающего уровень с $I^\pi = 5^+$ γ -вибрационной полосы, определена его мультипольность как E2 с возможной примесью компонента M1 до 0,35%.

Рис. 3. Фрагмент схемы уровней ^{186}Er .

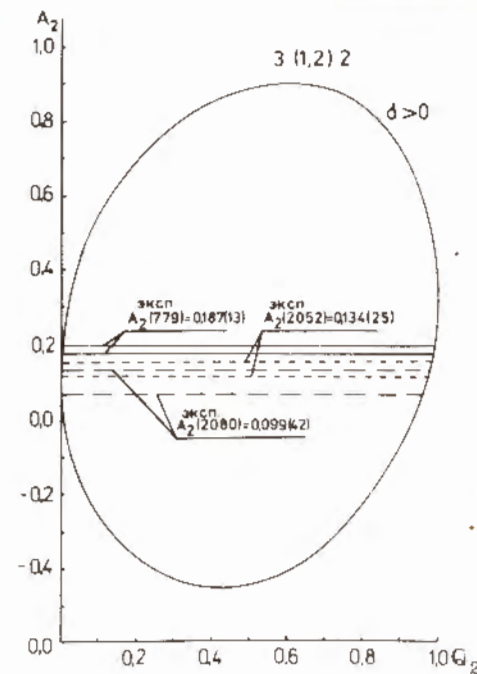
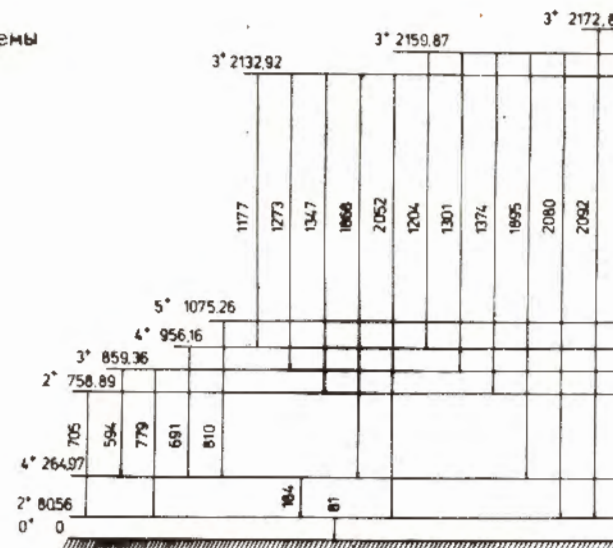


Рис. 4. График Арнса-Виденбека для каскадов 779-81, 2052-81 и 2080-81 кэВ.

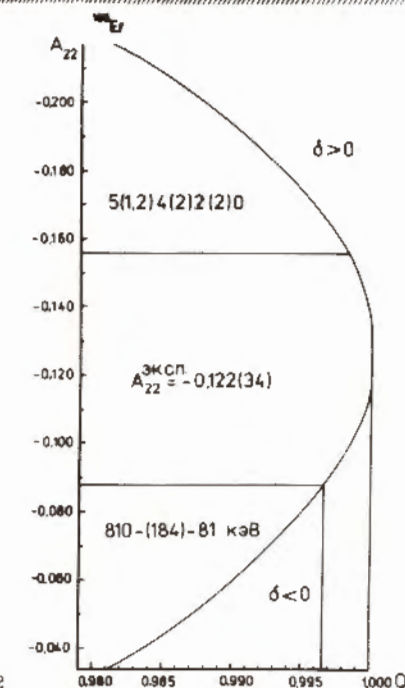


Рис. 5. График Арнса-Виденбека для каскадов 810-184-81 кэВ.

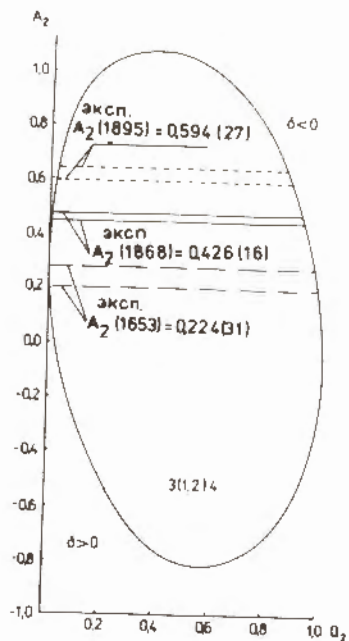


Рис. 6. График Арнса-Виденбека для каскадов 1653-184, 1868-184 и 1895-184 кэВ.

На рис. 6 показана зависимость A_2 от параметра смеси Q для переходов 1653, 1868 и 1895 кэВ. Мультипольные составы этих γ -переходов, определенные на основе двойных каскадов /рис. 6/ и тройных, с ненаблюдаемым переходом, хорошо согласуются между собой. Средние значения Q для всех исследуемых γ -переходов приведены в табл. 2.

4. ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерений позволяют определить экспериментальное отношение приведенных вероятностей E_2 -переходов с уровней 2133 и 2160 кэВ на уровни ротационной полосы основного состояния как

$$\frac{V(E_2; 3-4)}{V(E_2; 3-2)} = \frac{I_\gamma(3-4)}{I_\gamma(3-2)} \left[\frac{E_\gamma(3-2)}{E_\gamma(3-4)} \right]^5 \frac{Q(3-4)}{Q(3-2)}$$

где E_γ , I_γ , Q обозначают энергии, интенсивности и доли E_2 в смеси соответствующих γ -переходов. Используя значения энергии и интенсивностей γ -переходов, определенных в работе /3/, получаем следующие значения этих соотношений:

$$\frac{V(1868, E_2, 3-4)}{V(2052, E_2, 3-4)} = 0,36(14); \quad \frac{V(1895, E_2, 3-4)}{V(2080, E_2, 3-4)} = 0,28(3).$$

Полученные значения хорошо совпадают с результатами работы /2/. Это неудивительно, так как проведенными опытами установлено, что доля примеси мультипольности $M1$ невелика в рассмотренных γ -переходах.

Новыми сведениями являются данные о примеси мультипольности $M1$ в переходах с уровней 3^+ : 2133 и 2160 кэВ на уровни полосы основного состояния. В табл. 3 даны отношения приведенных вероятностей $V(M1)$ -переходов с уровнем 3^+ на нижележащие состояния на уровни 4^+ и 2^+ полосы основного состояния, близки к значению 0,75, предсказанному правилами Алаги для $K_1=1$. Некоторое отличие может быть вызвано примесью компонентов с $K_f=1$ и $K_f=2$ в полосе основного состояния с $K=0$, а также возможной примесью компонента с $K_1=0$ в начальном состоянии. Эти примеси бывают невелики, так как мала разница экспериментальных и расчетных отношений $V(M1)$. Но главный результат заключается в том, что оказался малым компонент с $K_1=1$ в начальном состоянии. Это видно по результатам, приведенным во второй и третьей строках табл. 3. Приведенные вероятности $V(M1)$ -переходов на γ -вибрационную полосу на $1 \div 2$ порядка больше, чем на полосу основного состояния. Это, с одной сто-

Таблица 3

Экспериментальное отношение приведенных вероятностей $M1$ -переходов с уровнями 3^+ : 2133 и 2160 кэВ

Отношение	Уровень 2133 кэВ	Уровень 2160 кэВ
$V(M1; 3-4_g)$	$0,94 \pm 0,20$	$0,9 \pm 0,2$ $- 0,5$
$V(M1; 3-2_g)$		
$V(M1; 3-2_\gamma)$	$9,6 \pm 2,5$ $- 2,0$	69 ± 10 $- 35$
$V(M1; 3-2_g)$		
$V(M1; 3-4_\gamma)$	89 ± 25	13 ± 5
$V(M1; 3-4_g)$		

роны, оправдывает анализ, сделанный в работе ¹², где предполагалось, что волновые функции уровней с энергией 2133 и 2160 кэВ содержат только компоненты с $K=2$ и $K=3$. С другой стороны, новые данные позволяют уточнить анализ, введя в волновые функции компоненты с $K_1=1$. Для подтверждения этого, однако, необходимо уточнить мультипольный состав и других переходов, идущих с этих уровней на уровни γ -вибрационной полосы.

Из опытов по угловым γ - γ корреляциям установлена мультипольность перехода 2092 кэВ, разряжающего уровень с энергией 2173 кэВ. Доля $M1$ в переходе невелика, как и в переходах 2052 и 2080 кэВ. На основании этих данных можно предположить, что уровень 2173 кэВ с $I^\pi=3^+$ по своим свойствам похож на близкие по энергии уровни с $I^\pi=3^+$ 2133 и 2160 кэВ, то есть в нем велики компоненты волновой функции с $K=2$ и $K=3$.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Т.М.Му-минову за поддержку и постоянный интерес к работе, Н.А.Лебедеву и Нгуен Конг Чангу за приготовление препаратов иттербия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Buynr A. Nucl. Data Sheets, 1975, 14, p.471.
2. Артамонова К.П. и др. Изв. АН СССР, сер.физ., 1974, 38, №8, с.1763.
3. Adam I. et al. Czech.J.Phys., 1979, B29, p.997; ОИЯИ, 6-9316, 6-9317, Дубна, 1975.
4. Гамильтон Дж.Г. Изв. АН СССР, сер.физ., 1976, 40, №1, с.18.
5. Domingos I.M., Symons G.D., Douglas A.C. Nucl.Phys., 1972, A180, p.600.
6. Аликов Б.А. и др. ОИЯИ, P13-9607, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 февраля 1980 года.