

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P6-84-556

С. Даваа, Т.И. Крацикова, М. Фингер, Я. Квасил,
Н.А. Лебедев, В.Н. Павлов, Ю.В. Юшкевич

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА
ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЯДЕР ^{173}Lu

1984

ВВЕДЕНИЕ

Уровни ^{173}Yb интенсивно изучались в распаде ^{173}Tm и ^{173}Lu , а также в ядерных реакциях (d, p) , (d, t) , $(^3\text{He}, \alpha)$, (n, γ) и кулоновском возбуждении^{/1-8/}. Мультипольности переходов были определены с большой точностью из экспериментальных значений коэффициентов внутренней конверсии^{/8/}, а также на основе результатов измерения ядерной ориентации^{/9/} и Ke^- - γ и γ - γ угловых корреляций /см.^{/3,10/}/. Крэйн и др.^{/9/} изучали ядерную ориентацию ^{173}Lu при сверхнизких температурах в матрице ZrFe_2 . Для нескольких переходов они получили параметры смешивания мультипольностей, заметно отличающихся от данных, определенных на основе измерения электронов внутренней конверсии. Кроме того, кажется странным, что Крэйн и др. предположили внешнее возмущение уровня 351 кэВ, $T_{1/2} = 0,45$ нс^{/2/}, но не наблюдали такого возмущения более долгоживущих уровней с энергиями 95 и 122 кэВ $^{171}\text{Yb}/T_{1/2} = 5,25$ мс и 265 нс^{/2/} /, которые они изучали при распаде ^{171}Lu , ориентированного в той же матрице^{/11/}.

Схема распада ^{173}Lu относительно проста, и уровни ^{173}Yb идентифицированы однозначно^{/8/}. Экспериментальные и теоретические данные по ^{173}Yb подробно обсуждаются в работах^{/3,12,13/}.

Недавно нами были проведены исследования распада ядер ^{167}Lu , ^{169}Lu и ^{171}Lu , ориентированных при сверхнизких температурах в матрицах гадолиния^{/14-19/}. Свойства уровней ^{167}Yb , ^{169}Yb и ^{171}Yb были описаны в рамках полумикроскопической квазичастично-фононной модели Соловьева^{/20/} с учетом взаимодействия Кориолиса^{/21/}. В настоящей работе представлены результаты подобных исследований свойств ^{173}Yb , предварительные данные о которых были опубликованы ранее^{/18,22/}.

1. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Радиоактивный источник $^{173}\text{Lu} / T_{1/2} = 499$ д/ был получен в реакции глубокого расщепления тантала протонами с энергией 660 МэВ на внутреннем пучке синхротронного ускорителя ОИЯИ. После радиохимического выделения лютециевая фракция разделялась на масс-сепараторе, и одновременно ^{173}Lu имплантировался в химически чистую /99,9%/ гадолиниевую фольгу. Эта фольга плавилась на танталовой подложке в вакууме. Образцу придавалась форма диска диаметром ~0,5 см, и он припаивался к тепловой подложке рефрижератора. Более подробно технология приготовления образцов LuGd описана в работе^{/14/}. Примесь $^{174\text{gm}}\text{Lu} / T_{1/2} = 3,3$ ч и 144 д/ и $^{177}\text{Lu} / T_{1/2} = 161$ д/ в нашем источнике составляла менее 0,3%.

Охлаждение образца до сверхнизких температур осуществлялось при помощи комбинированного рефрижератора растворения ^3He в $^4\text{He}^{/23/}$. Матрица гадолиния приводилась в состояние магнитного насыщения внешним магнитным полем ~ 1 Т.

Гамма-излучение регистрировалось одновременно под углами 0° , 90° и 180° относительно оси ориентации $\text{Ge}(\text{Li})$ детекторами, расположенными на расстоянии 10 см от источника. Регистрация γ -лучей под углами 0° и 90° осуществлялась при помощи коаксиальных детекторов с рабочими объемами 53 и 42 см³ и энергетическим разрешением 2,5-2,9 кэВ при энергии 1332 кэВ. Для измерения γ -лучей с энергией до 200 кэВ /180°/ использовался плоскопараллельный детектор 200 мм² x 7 мм с разрешением 0,55 кэВ при энергии 122 кэВ. Было проведено три эксперимента, в каждом из которых измерялось несколько серий длительностью от 400 до 12000 с.

Нормированные интенсивности $W(\theta)$ определялись как отношения площадей пиков в спектрах, измеренных при температуре ~ 15 мК и при температуре ~ 1 К, когда распределение излучения изотропно. Площади пиков определялись при помощи системы программ SIMP /24/.

2. АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Угловое распределение γ -излучения ориентированных ядер записывается в виде /25/

$$W(\theta) = \sum_{\lambda} B_{\lambda}(I) U_{\lambda} A_{\lambda} Q_{\lambda} P_{\lambda}(\cos \theta), \quad /1/$$

где θ - угол между направлением излучения и осью ориентации, B_{λ} - параметры ориентации материнского ядра, U_{λ} - коэффициенты деориентации предшествующими переходами, A_{λ} - коэффициенты углового распределения излучения, Q_{λ} - факторы, учитывающие конечный телесный угол детектора, и P_{λ} - полиномы Лежандра.

Измеренные значения анизотропии $1 - W(0^\circ)$ /или $1 - W(180^\circ)$ / и $W(90^\circ) - 1$ позволяют получить из формулы /1/ значения $B_2 U_2 A_2$ и $B_4 U_4 A_4$. Малые значения величины $B_4 U_4 A_4$ /в большинстве случаев она не превышает погрешности в $B_2 U_2 A_2$ / и большие относительные погрешности в ее определении, как правило, не позволяют использовать этот член для получения численных результатов. Поэтому анализ проводился на основе экспериментальных значений $B_2 U_2 A_2$, которые были определены как средневзвешенные значения анизотропий, полученных в отдельных сериях измерений с учетом поправок на фактор Q_2 . Эти значения $B_2 U_2 A_2$ для 12 переходов ^{173}Yb представлены в табл. 1.

Для β -переходов на уровни ^{173}Yb мы принимали табличные значения коэффициентов деориентации $U_2^{/26/}$, предполагая, что $\Delta J_{\beta} = 1$. Для уровней, заселяющихся также переходами с вышележащих состояний ^{173}Yb , коэффициенты U_2 были рассчитаны на основе схемы распада из работы /3/ и всех имеющихся данных /3,4,10,12/, включая ре-

Таблица 1

Анизотропии углового распределения γ -лучей, сопровождающих распад ориентированных ядер ^{173}Lu

E_{γ} (кэВ)	$B_2 U_2 A_2$ (%)		
	1 эксп.	2 эксп.	3 эксп.
78,6	16,61(55)	17,91(85)	12,6(13)
100,7	17,41(56)	20,30(77)	15,2(12)
171,4	3,61(45)	5,20(90)	2,01(95)
179,4	- 11,42(52)	- 12,52(72)	- 8,41(80)
233,6	- 13,0(10)	- 14,14(68)	- 8,1(12)
272,1	- 10,47(23)	- 11,10(35)	- 7,75(64)
285,4	- 10,40(60)	- 11,54(50)	- 8,0(20)
334,3	7,09(59)	7,4(10)	4,4(43)
350,8	7,56(57)	10,2(20)	5,3(20)
456,3	20,31(17)	23,3(20)	18,0(41)
557,5	- 5,35(30)	- 6,70(62)	- 7,2(30)
636,1	24,79(52)	26,3(97)	18,2(20)

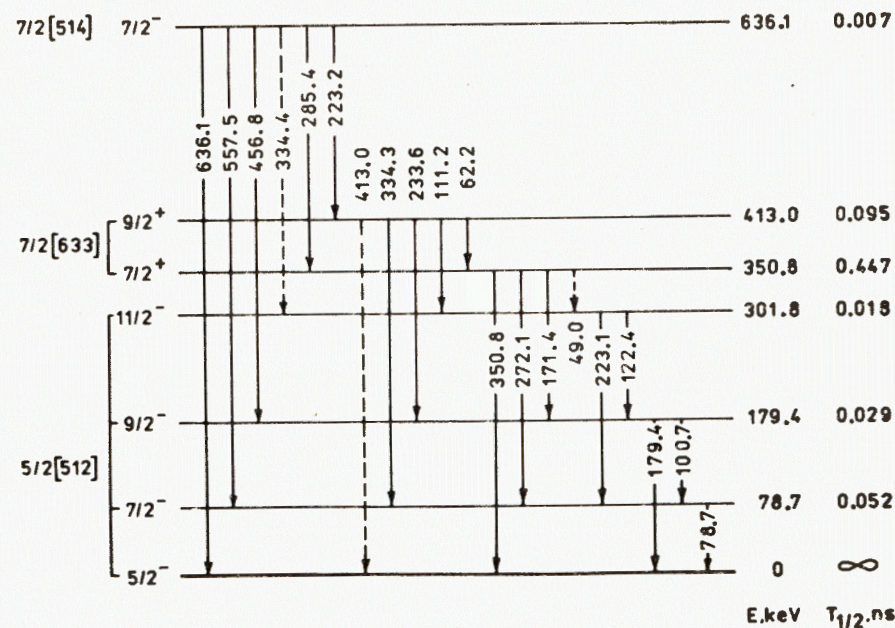


Рис. 1. Схема уровней ^{173}Yb из распада ^{173}Lu .

Таблица 4

Сравнение экспериментальных значений параметров смешивания мультипольностей, полученных в настоящей работе с результатами предыдущих работ

E_{γ} (кэВ)	$I_i^{\pi} \rightarrow I_f^{\pi}$	Параметр δ			$ \delta $
		Наст. раб.	/9/	/10/	
78,6	$7/2^- \rightarrow 5/2^-$	-0,229(18)	-0,161(I9)	-0,187(II)	0,222(3)
100,7	$9/2^- \rightarrow 7/2^-$	-0,222(I9)	-0,191(II)	-0,201(I9)	0,215(II)
171,4	$7/2^+ \rightarrow 9/2^-$	0,003(I3)	0,008(5)	-0,015(I5)	0,03(+I, -3)
233,6	$9/2^+ \rightarrow 9/2^-$	0,06(+8, -6)	-0,060(I7)		$\leq 0,071$
272,1	$7/2^+ \rightarrow 7/2^-$	0,021(24)			0,00
285,4	$7/2^- \rightarrow 7/2^+$	0,003(24)		0,034(25)	0,062(25) ⁸
334,3	$9/2^+ \rightarrow 7/2^-$	0,036(I2)	-0,012(I5)		$\leq 0,09$
350,8	$7/2^+ \rightarrow 5/2^-$	0,003(I2)			0,10(2)
456,8	$7/2^- \rightarrow 9/2^-$	0,65(+I3, -9)	0,65(I4) ^б		0,50(I5)
557,5	$7/2^- \rightarrow 7/2^-$	1,81(6)	1,95(I0) ^б		1,5(+4, -3)
636,1	$7/2^- \rightarrow 5/2^-$	-0,54(5)	-0,41(8) ^б		0,67(I6)

а) Работа /11/.

б) Значение определено в работе /11/ из экспериментальных данных Крэйна и др. /9/.

корреляций /10/, и с величинами $|\delta|$, рассчитанными в работе /3/ на основе всех имеющихся данных по конверсионным электронам. Из таблицы видно, что все значения $\delta(E2/M1)$ прекрасно согласуются между собой за исключением $\delta(79 \text{ кэВ})$, абсолютное значение которого по данным Будзынского и др. /10/, и особенно Крэйна и др. /9/, несколько ниже величины $|\delta|$. Значения $\delta(M2/E1)$ согласуются между собой несколько хуже, но следует учитывать, что они очень малы и определять их с высокой точностью, как правило, очень трудно. Отметим, что при определении коэффициента A_2 для перехода, по анизотропии которого получался параметр $V_2/\text{см. табл.2/}$, использовалось средневзвешенное значение V_2 по двум остальным переходам. Хорошее согласие наших результатов с конверсионными данными показывает, что предположения, сделанные при расчете коэффициентов U_2 , обоснованы.

3. СРАВНЕНИЕ С ТЕОРИЕЙ

Свойства уровней ^{173}Yb изучались в рамках полумикроскопической квазичастично-фононной модели Соловьева /20/ с учетом взаимодействия Кориолиса /21/, которая, как мы показали недавно /15-19/, с большим успехом описывает сильно деформированные нечетные по А ядра. Формализм модели и метод расчета подробно даны в работах /14,15,20,21,27/. Для параметра неадиабатичности использовалось то же значение $V = 0,05 \text{ МэВ}^{-1}$, что и для $^{167,169,171}\text{Yb}$ /14,16,19/. В расчет мы включили следующие функции: $1/2[521]$, $1/2[510]$, $3/2[521]$, $3/2[512]$, $3/2[532]$, $5/2[512]$, $5/2[523]$, $7/2[514]$, $11/2[505]$ и $1/2[660]$, $1/2[400]$, $3/2[651]$, $3/2[402]$, $5/2[642]$, $7/2[633]$, $9/2[624]$. В результате расчета были получены энергии и структура уровней вращательных полос отрицательной и положительной четности, соответствующие волновые функции, приведенные вероятности E2- и M1-переходов и параметры смешивания мультипольностей E2/M1. Отметим, что параметры δ представляют собой отношение приведенных матричных элементов E2- и M1-переходов с фазой, определенной Крэйном и Стеффеном /28/.

Экспериментальные и рассчитанные энергии уровней ^{173}Yb сравниваются на рис.2 и в табл.5, которая содержит также рассчитанную структуру этих уровней. Получено очень хорошее согласие /лучше, чем 2%/ рассчитанных значений с экспериментальными.

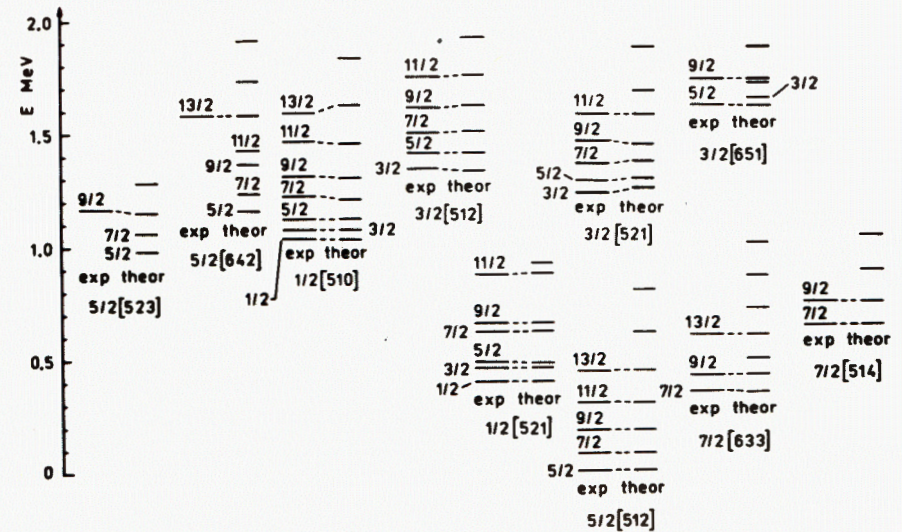


Рис.2. Сравнение экспериментальных уровней ^{173}Yb с уровнями, рассчитанными в рамках квазичастично-фононной модели, включающей кориолисово взаимодействие.

Таблица 5

Сравнение экспериментальных и рассчитанных значений энергий и рассчитанная структура уровней ^{173}Yb . Обозначения Q_{20} , Q_{22} , Q_{30} и Q_{31} соответствуют 0_2^+ , 2_2^+ , 0^- и 1^- октупольным колебаниям четно-четного остова

I П	E _{эксп} (кэВ)	E _{теор} (кэВ)	Интенсивность компонентов (%)											
			1	2	3	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8
5/2 ⁻	0	0	512↑	90,3	510++Q ₂₂	3,1	633++Q ₃₁	1,5					642++Q ₃₀	1,2
7/2 ⁻	79	79	512↑	90,2	510++Q ₂₂	3,1	633++Q ₃₁	1,5					642++Q ₃₀	1,2
9/2 ⁻	179	179	512↑	90,2	510++Q ₂₂	3,1	633++Q ₃₁	1,5					642++Q ₃₀	1,2
11/2 ⁻	302	302	512↑	90,2	510++Q ₂₂	3,1	633++Q ₃₁	1,5					642++Q ₃₀	1,2
13/2 ⁻	445	446	512↑	90,1	510++Q ₂₂	3,1	633++Q ₃₁	1,5					642++Q ₃₀	1,2
7/2 ⁺	351	346	633↑	91,8	633++Q ₂₀	2,4	512++Q ₃₁	0,8	642↑	0,6	642++Q ₂₀	0,1		
9/2 ⁺	413	414	633↑	90,8	633++Q ₂₀	2,4	512++Q ₃₁	0,8	642↑	1,4	642++Q ₂₀	0,2		
11/2 ⁺		503	633↑	89,7	633++Q ₂₀	2,4	512++Q ₃₁	0,8	642↑	2,3	642++Q ₂₀	0,4		
13/2 ⁺	600	601	633↑	88,7	633++Q ₂₀	2,3	512++Q ₃₁	0,8	642↑	2,9	642++Q ₂₀	0,5		
1/2 ⁻	399	398	521↓	83,2	521++Q ₂₀	12,4	521++Q ₂₂	0,9						
3/2 ⁻	462	460	521↓	83,1	521++Q ₂₀	12,4	521++Q ₂₂	0,9						
5/2 ⁻	482	481	521↓	83,0	521++Q ₂₀	12,4	521++Q ₂₂	0,9						
7/2 ⁻	620	621	521↓	82,0	521++Q ₂₀	12,2	521++Q ₂₂	0,9	514↓	0,7	633++Q ₃₀	0,1		

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'
9/2 ⁻	655	658	521↓	82,4	521++Q ₂₀	12,3	521++Q ₂₂	0,9	514↓	0,1	633++Q ₃₀	0,0
11/2 ⁻	875	881	521↓	41,5	521++Q ₂₀	6,2	521++Q ₂₂	0,5	514↓	40,9	633++Q ₃₀	3,1
7/2 ⁻	636	640	514↓	82,7	633++Q ₃₀	6,2	514++Q ₂₀	2,3	521↓	0,7	521++Q ₂₀	0,1
9/2 ⁻	743	747	514↓	82,7	633++Q ₃₀	6,3	514++Q ₂₀	2,3	521↓	0,1	521++Q ₂₀	0,0
11/2 ⁻		876	514↓	41,7	633++Q ₃₀	3,2	514++Q ₂₀	1,1	521↓	40,5	521++Q ₂₀	6,0
13/2 ⁻		1035	514↓	81,6	633++Q ₃₀	6,3	514++Q ₂₀	2,2	521↓	1,0	521++Q ₂₀	0,2
5/2 ⁻		910	523↓	92,3	523++Q ₂₀	2,3	642++Q ₃₀	1,5			651++Q ₃₁	0,6
7/2 ⁻	1060	1062	523↓	91,4	523++Q ₂₀	2,3	642++Q ₃₀	1,5	514↓	0,7	651++Q ₃₁	0,6
9/2 ⁻	1166	1166	523↓	90,4	523++Q ₂₀	2,3	642++Q ₃₀	1,5	514↓	1,1	651++Q ₃₁	0,6
1/2 ⁻	1030	1027	510↑	67,7	510++Q ₂₀	8,5	521++Q ₂₀	3,0			651++Q ₃₁	1,0
3/2 ⁻	1074	1070	510↑	67,7	510++Q ₂₀	8,5	521++Q ₂₀	3,0			651++Q ₃₁	1,0
5/2 ⁻	1120	1122	510↑	67,1	510++Q ₂₀	8,4	521++Q ₂₀	2,9			651++Q ₃₁	1,0
7/2 ⁻	1221	1205	510↑	64,5	510++Q ₂₀	8,1	521++Q ₂₀	2,8	523↓	0,1	651++Q ₃₁	0,9
9/2 ⁻	1306	1305	510↑	64,3	510++Q ₂₀	8,1	521++Q ₂₀	2,8	523↓	0,7	651++Q ₃₁	0,9
11/2 ⁻	1461	1443	510↑	58,2	510++Q ₂₀	7,3	521++Q ₂₀	2,5	523↓	1,9	651++Q ₃₁	0,8
13/2 ⁻	1587	1621	510↑	63,4	510++Q ₂₀	8,0	521++Q ₂₀	2,8	523↓	1,8	651++Q ₃₁	0,9
5/2 ⁺		1168	642↑	73,4	642++Q ₂₀	13,0	651++Q ₂₀	1,4	651↑	4,0	402↓	0,9
7/2 ⁺		1235	642↑	69,9	642++Q ₂₀	12,4	651++Q ₂₀	2,3	651↑	6,4	402↓	1,4
9/2 ⁺		1464	642↑	65,5	642++Q ₂₀	11,6	651++Q ₂₀	3,4	651↑	9,4	402↓	2,0
11/2 ⁺		1521	642↑	58,2	642++Q ₂₀	10,3	651++Q ₂₀	5,3	651↑	14,9	402↓	3,2
13/2 ⁺	1579	1581	642↑	57,7	642++Q ₂₀	10,2	651++Q ₂₀	5,3	651↑	14,8	402↓	3,2

1	2	3	4	4'	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'
3/2 ⁻	1328	512 ⁺	67,6	512 ⁺ +Q ₂₀	16,1	660 ⁺ +Q ₃₁	1,5	521 ⁺	0,1			
5/2 ⁻	1400	512 ⁺	67,2	512 ⁺ +Q ₂₀	16,0	660 ⁺ +Q ₃₁	1,5	521 ⁺	0,2			
7/2 ⁻	1500	512 ⁺	67,1	512 ⁺ +Q ₂₀	16,0	660 ⁺ +Q ₃₁	1,5	521 ⁺	0,5			
9/2 ⁻	1619	512 ⁺	65,6	512 ⁺ +Q ₂₀	15,6	660 ⁺ +Q ₃₁	1,5	521 ⁺	0,7			
11/2 ⁻	1743	512 ⁺	66,7	512 ⁺ +Q ₂₀	15,9	660 ⁺ +Q ₃₁	1,5	521 ⁺	1,1			
13/2 ⁻	1908	512 ⁺	63,2	512 ⁺ +Q ₂₀	15,1	660 ⁺ +Q ₃₁	1,4	521 ⁺	1,2			
3/2 ⁺	1650	651 ⁺	64,1	651 ⁺ +Q ₂₀	23,0	402 ⁺	13,8	642 ⁺	4,9	642 ⁺ +Q ₂₀	0,9	
5/2 ⁺	1605	651 ⁺	60,1	651 ⁺ +Q ₂₀	21,5	402 ⁺	13,0	642 ⁺	7,8	642 ⁺ +Q ₂₀	1,4	
7/2 ⁺	1714	651 ⁺	57,7	651 ⁺ +Q ₂₀	20,7	402 ⁺	12,4	642 ⁺	11,4	642 ⁺ +Q ₂₀	2,0	
9/2 ⁺	1730	651 ⁺	54,6	651 ⁺ +Q ₂₀	19,6	402 ⁺	11,7	642 ⁺	17,3	642 ⁺ +Q ₂₀	3,1	
11/2 ⁺	1864	651 ⁺	48,8	651 ⁺ +Q ₂₀	17,5	402 ⁺	10,5	642 ⁺				

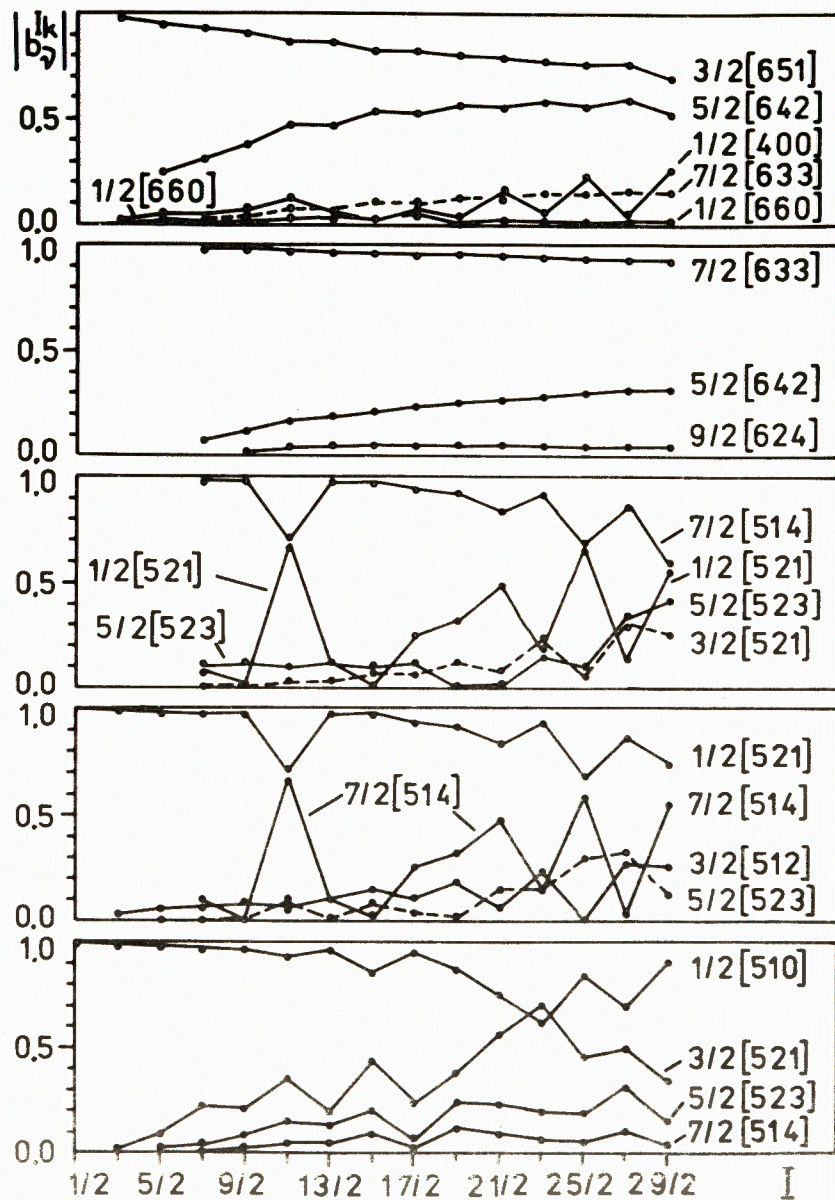


Рис. 3. Зависимость коэффициентов смешивания b_{jk}^{ik} от значений углового момента для вращательных полос $3/2^+[651]$, $7/2^+[633]$, $7/2^-[514]$, $1/2^-[521]$ и $1/2^-[510]$ в ^{178}Yb .

Таблица 6

$I_i K_i [N\pi_z A]_i$	$I_f K_f [N\pi_z A]_f$	E_γ (кэВ)	$B(E2) (e^2 \sigma^2)$	$B(M1) (\text{ я.м.}^2)$	$\delta (E2/M1)$
7/2 5/2 [512]	5/2 5/2 [512]	78,6	эсп. 2,17(10)	0,19(2)	- 0,229(38)
			теор. 2,00	0,044	- 0,44
9/2	7/2	100,7	эсп. 0,85(3)	0,24(3)	- 0,222(19)
			теор. 1,69	0,065	- 0,43
11/2	9/2	122,4	эсп. 1,30	0,30(5)	- 0,17(11) ^a
			теор. 1,30	0,076	- 0,42
3/2 1/2 [521]	1/2 1/2 [521]	62,6	эсп. 0,98(16) ^b	0,93(12) · 10 ⁻² б	0,538(28) ^b
			теор. 1,12	4,5 · 10 ⁻²	- 0,84
3/2	5/2 5/2 [512]	461,5	эсп. 2,5 · 10 ⁻⁴ б	1,3 · 10 ⁻⁴ б	δ < 0,36 ^b
			теор. 8,7 · 10 ⁻⁸	79 · 10 ⁻⁴	0,00
7/2 7/2 [514]	5/2 5/2 [512]	636,1	эсп. 0,9(2) · 10 ⁻²	1,5(6) · 10 ⁻²	- 0,54(5)
			теор. 1,16 · 10 ⁻²	0,12 · 10 ⁻²	- 0,68
7/2	7/2	557,5	эсп. 0,033(14)	2,1(9) · 10 ⁻³	1,81(6)
			теор. 0,022	15,5 · 10 ⁻³	1,01
7/2	9/2	456,8	эсп. 8(4) · 10 ⁻²	0,31(14) · 10 ⁻²	0,65(+13, -9)
			теор. 8,0 · 10 ⁻²	6,1 · 10 ⁻²	0,44
9/2 7/2 [633]	7/2 7/2 [633]	62,2	эсп. 0,11	0,11	0,272(28) ^b
			теор. 0,11	0,11	- 0,22

а) Работа /⁹/, б) Работа /1/. Полоса 1/2 [521] возбуждается в распаде ¹⁷⁸Тм . в) Работа /8/.

Эффекты, связанные с взаимодействием Кориолиса, можно видеть в табл.5 и на рис.3, на котором изображена зависимость абсолютного значения амплитуды смешивающихся состояний от углового момента для нескольких вращательных полос. Рассчитанные нами приведенные вероятности E2- и M1-переходов и параметры $\delta(E2/M1)$ сравниваются с экспериментальными значениями в табл.6. При расчетах B(E2) значение внутреннего квадрупольного момента ¹⁷³Yb полагалось равным Q = 7,79 барн^{1/2}, а для расчетов B(M1) использовались следующие значения гиромагнитных отношений: $g_l = 0,1$; $g_s^{3\Phi} = 0,6 \cdot g_s = -2,29$ и $g_R = Z/A = 0,405$ /в я.м./.

Вращательные полосы в ¹⁷³Yb подробно обсуждались в работах /3,12,13/, однако последовательные полные расчеты с учетом взаимодействия Кориолиса до сих пор проведены не были. Обсудим поэтому некоторые аспекты, связанные с нашими экспериментальными и теоретическими результатами.

Полоса основного состояния 5/2⁻[512] очень хорошо установлена в ¹⁷³Yb/I = 5/2-13/2/, а также в ¹⁶⁹Yb/I = 5/2-11/2/ и ¹⁷¹Yb /вплоть до I = 21/2/. Рассчитанная структура уровней этой полосы почти одинакова во всех трех изотопах: компонент 5/2⁻[512] в состоянии 5/2 составляет в ¹⁶⁹,¹⁷¹,¹⁷³Yb соответственно 91%^{/16,17/}, 95%^{/18,19/} и 90%, а основной примесью, соответственно 4,4; 3,4 и 3,1% является компонент 1/2⁻[510] + Q₂₂, и вклад обоих компонентов практически не меняется от состояния к состоянию. Экспериментальные значения δ известны для пяти внутривращательных переходов ¹⁶⁹Yb и для трех - в каждом из изотопов ¹⁷¹Yb и ¹⁷³Yb. За исключением одного перехода ¹⁶⁹Yb, определен и знак этих параметров δ : все они отрицательны. Теория правильно описывает знаки δ , а рассчитанные величины δ отличаются от экспериментальных в основном не более, чем на 50%.

Рассчитанная структура уровней полосы 7/2⁺[633] указывает на то, что роль взаимодействия Кориолиса уменьшается при переходе от легких к более тяжелым изотопам Yb. Если в ¹⁶⁹Yb и ¹⁷¹Yb при изменении спина от 7/2 до 13/2 основные компоненты меняются достаточно сильно /амплитуды компонента 7/2⁺[633] меняются соответственно на 13% и 9%, а для компонента 5/2⁺[642] на 11% и 8%/, то в ¹⁷³Yb эти изменения составляют всего 3% и 2,4%, и появляется небольшая, почти не изменяющаяся примесь компонента 7/2⁺[633] + Q₂₀ /см. табл.5/. Уровни этой полосы разряжаются конкурирующими E2-и M1+E2-переходами. В ¹⁶⁹Yb известно восемь, а в ¹⁷¹Yb - пять экспериментальных значений δ для M1+E2-переходов. Все они отрицательны и очень незначительно отличаются друг от друга по величине. В ¹⁷³Yb известно только одно значение | δ | для перехода 9/2 → 7/2, 62 кэВ, и его величина соответствует значениям δ для переходов ¹⁶⁹Yb и ¹⁷¹Yb. Теория правильно описывает знаки δ , а величины $\delta^{теор}$ отличаются от $\delta^{эсп}$ не более, чем на 40%.

Полоса 1/2⁻[521], измеренная до уровня I = 11/2 в реакции (d,p), (d,t) и (³He, α)^{5-7/}, обладает нерегулярным распределением уровней /см. рис.2/. В ¹⁶⁹Yb и ¹⁷¹Yb эта нерегулярность

Таблица 7

Сравнение экспериментальных и теоретических значений δ для переходов между уровнями полосы $1/2^- [521]$ в ^{169}Yb , ^{171}Yb и ^{173}Yb .

Ядро	E_γ (кэВ)	$I_i \rightarrow I_f$	Параметр δ (E2/M1)	
			эксп.	теор.
^{169}Yb а)	62,7	$3/2 \rightarrow 1/2$	0,64(6)	3,0
	12,3	$5/2 \rightarrow 3/2$	10,06(2)	0,50
	144,6	$7/2 \rightarrow 5/2$	0,52(+12,-9)	3,9
	20,4	$9/2 \rightarrow 7/2$	10,08(3)	-16
	222,7	$11/2 \rightarrow 9/2$	$\begin{cases} 0,15 \leq \delta \leq 0,40 \\ 4,0 \leq \delta \leq \infty \end{cases}$	3,2
^{171}Yb б)	66,7	$3/2 \rightarrow 1/2$	-0,696(13)	-0,50
	9,2	$5/2 \rightarrow 3/2$	10,018(3)	-0,037
	154,8	$7/2 \rightarrow 5/2$	10,62(12)	-0,39
^{173}Yb	62,6	$3/2 \rightarrow 1/2$	10,538(28)	-0,84

а. Работы /16,17/. б. Работы /18,19/.

ясно отражается в параметрах смешивания $E2/M1^{16,18}$: переходы, связывающие далеко лежащие уровни, имеют большую примесь $E2 / \geq 15\%$, тогда как близлежащие уровни связаны почти чистыми M1-переходами $/E2 \leq 1\%$. В ^{173}Yb известно только абсолютное значение δ для перехода $3/2 \rightarrow 1/2$, связывающего далеко лежащие уровни, и его мультипольность $M1 + 22,4(18)\% E2$ соответствует данным по $^{169,171}\text{Yb}$. В табл.7 представлены все известные экспериментальные значения δ переходов между уровнями полосы $1/2^- [521]$ $^{169,171,173}\text{Yb}$, где они сравниваются с соответствующими теоретическими значениями. Из таблицы видно, что теоретические величины δ для переходов $^{171,173}\text{Yb}$ достаточно хорошо согласуются с экспериментальными /разница в основном не превышает 50%/; для переходов ^{169}Yb это согласие намного хуже, но соотношение примесей E2 в переходах между близко и далеко лежащими уровнями теория описывает правильно. Исключение составляет переход $9/2 \rightarrow 7/2$, 20 кэВ, для которого теоретическое значение δ не согласуется с экспериментальным ни по величине, ни по знаку. При сравнении параметров δ переходов $^{169,171,173}\text{Yb}$ самым интересным нам представляется то, что при переходе от ^{169}Yb к ^{171}Yb знаки δ меняются на противоположные /см. табл.7/. Уровни полосы $1/2^- [521]$ в $^{169,171,173}\text{Yb}$ имеют подобную структуру: в основном это одноквазичастичные уровни. Однако, если в ^{169}Yb и ^{171}Yb ос-

новную примесь вносит компонент $3/2^- [521]$ /соответственно 1% и 2%, практически не меняющий свое значение с увеличением спина, то в ^{173}Yb примешивается с большой амплитудой /12%/ компонент $1/2^- [521] + Q_{20}$, а в состоянии $11/2$ неожиданно возрастает до 40% амплитуда $11/2 \rightarrow 7/2^- [514]$ /см. табл.5/. К сожалению, пока нет экспериментальных данных о амплитудах смешивающихся состояний, но объяснить скачок в изменении свойств, связанных с полосой $1/2^- [521]$, при переходе от более легких к тяжелым изотопам Yb можно, по-видимому, тем, что происходит заполнение состояния $1/2^- [521]$ и в ^{171}Yb оно становится основным состоянием. Об этом же свидетельствуют данные по ядерным реакциям^{16/}: с увеличением массового числа поперечное сечение реакции (d,p) уменьшается, а поперечное сечение (d,t) -увеличивается и, начиная с $A = 172$, остается постоянным.

Известны два уровня $/I = 7/2$ и $9/2/$ полосы $7/2^- [514]$ в ^{173}Yb /8,5-7/. Первый из них /с энергией 636 кэВ/ представляет большой интерес, так как он разряжается тремя переходами $M1+E2$ на состояния полосы $5/2^- [512]$, и параметры δ этих переходов имеют разные знаки. Свойства этих переходов подробно обсуждены в работе^{12/}. Состояние $7/2 \rightarrow 7/2^- [514]$ с энергией 835 кэВ возбуждается и в ^{171}Yb . Оно также разряжается тремя переходами на уровни полосы $5/2^- [512]$ и нами были определены значения δ для этих переходов^{18/}. Отметим, что данные о параметрах δ переходов на уровни одной полосы оказываются особенно чувствительными к смешиванию состояний. Если рассчитать параметры δ для этих переходов по формуле простой ротационной модели, не учитывающей смешивание состояний, то получаются значения с одинаковыми знаками. Сравнение рассчитанных таким образом отношений $\Delta = \delta / E_\gamma$ с экспериментальными значениями Δ показывает, что они отличаются не только по знаку, но и по величине, и это для ^{173}Yb было отмечено в работе^{12/}. Крэйн и др.^{9/} для объяснения этой аномалии в ^{173}Yb предположили, что в волновых функциях уровня 636 кэВ кроме компонента $7/2^- [514]$ имеется компонент $5/2^- [523]$. В табл. 8 рассчитанные нами отношения Δ для переходов с уровня $7/2 \rightarrow 7/2^- [514]$ на состояния $5/2$, $7/2$ и $9/2$ полосы $5/2^- [512]$ в ^{171}Yb и ^{173}Yb сравниваются с экспериментальными значениями Δ . Там же приведены значения Δ , рассчитанные Крэйном и др. и по формуле простой ротационной модели. Рассчитанные нами значения Δ , так же как и значения Крэйна и др., достаточно близки к экспериментальным отношениям Δ , однако наши расчеты показывают /см. табл.5/, что структура уровней полосы $7/2^- [514]$ сложнее, чем предполагали Крэйн и др.

В ^{173}Yb известно еще несколько вращательных полос /см. табл.5 и рис.2/. Мы не обсуждаем их подробно, так как для них приведенные вероятности переходов и параметры смешивания мультипольностей измерены пока не были. Рассчитанные энергии уровней этих полос хорошо согласуются с экспериментальными, однако они не представляют собой чувствительного критерия для проверки той или иной модели.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

В Объединенном институте ядерных исследований начал выходить сборник "*Краткие сообщения ОИЯИ*". В нем будут помещаться статьи, содержащие оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты, требующие срочной публикации. Будучи частью "*Сообщений ОИЯИ*", статьи, вошедшие в сборник, имеют, как и другие издания ОИЯИ, статус официальных публикаций.

Сборник "*Краткие сообщения ОИЯИ*" будет выходить регулярно.

The Joint Institute for Nuclear Research begins publishing a collection of papers entitled *JINR Rapid Communications* which is a section of the *JINR Communications* and is intended for the accelerated publication of important results on the following subjects:

Physics of elementary particles and atomic nuclei.
Theoretical physics.
Experimental techniques and methods.
Accelerators.
Cryogenics.
Computing mathematics and methods.
Solid state physics. Liquids.
Theory of condensed matter.
Applied researches.

Being a part of the *JINR Communications*, the articles of new collection like all other publications of the Joint Institute for Nuclear Research have the status of official publications.

JINR Rapid Communications will be issued regularly.



Даваа С. и др.

P6-84-556

Исследование распада ориентированных ядер ^{178}Lu

Методом ядерной ориентации при сверхнизких температурах проведено исследование распада ядер ^{178}Lu , внедренных в ферромагнитную гадолиниевую матрицу. Угловое распределение гамма-лучей измерялось Ge(Li)-детекторами с высоким разрешением. Измерены анизотропии 12 гамма-лучей ^{178}Yb и определены их параметры смешивания мультипольностей. Энергии и структура уровней вращательных полос ^{178}Yb , приведенные вероятности E2- и M1-переходов и параметры смешивания мультипольностей E2/M1 рассчитаны в рамках квазичастично-фононной модели с учетом взаимодействия Кориолиса. В общем, получено хорошее согласие теоретических результатов с экспериментальными.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод авторов

Davaa S. et al.

P6-84-556

Nuclear Orientation Study of the Decay of ^{178}Lu

The decay study of ^{178}Lu oriented at low temperatures in a gadolinium host was carried out. The γ -ray angular distribution was measured using high-resolution Ge(Li) detectors. The anisotropies of 12 γ -rays in ^{178}Yb were measured and their multipole mixing ratios were deduced. The energies and level structure of rotational bands in ^{178}Yb , reduced E2 and M1 transition probabilities and E2/M1 mixing ratios were calculated using a quasiparticle-phonon model including the Coriolis interaction. In general, good agreement has been obtained between the theoretical predictions and experimental results.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984