

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

СЗ44.15

И-871

6-84-101

2422/84

Т.А.Исламов, В.А.Морозов, А.Х.Холматов

О СХЕМЕ РАСПАДА ^{133}Ce

Направлено на XXXIV Совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра /Алма-Ата, апрель 1984/, а также в "Известия АН СССР /сер.физ./".

1984

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ведутся интенсивные экспериментальные и теоретические исследования свойств возбужденных состояний ядер в области $A = 130$. Эта область, включающая нечетные изотопы La, является переходной от сферических ядер с замкнутыми оболочками к сильнодеформированным. В результате проведенных исследований /1,5,11/ было показано, что возбужденные состояния нечетных изотопов La включают в себя как одночастичные, так и коллективные состояния, обусловленные связью нечетной частицы с колебаниями или вращением остова. Ряд низколежащих состояний положительной и отрицательной четности, приведенные вероятности переходов с этих состояний достаточно хорошо объясняются в рамках модели, учитывающей взаимодействие квазичастицы с асимметричным /триаксиальным/ остовом /1,5,13/. Установление рамок применимости этой модели требует дальнейшего уточнения как схемы распада ^{133}Ce ; так и установления квантовых характеристик и времен жизни возбужденных состояний ^{133}La и мультипольного состава γ -переходов.

В настоящей работе на основе полученных нами результатов по исследованию распада ^{133}Ce был проведен анализ вероятностей переходов, разряжающих низколежащие состояния ^{133}La . Уточнены квантовые характеристики ряда уровней ^{133}La и построена β -силовая функция распада ^{133}Ce .

2. ВЕРОЯТНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Определенные сведения о структуре уровней ядра можно получить, изучая вероятности радиационных переходов. Такой анализ был проведен в /3/ на основе измерения времени жизни возбужденных состояний ^{133}La с энергиями 87,93; 97,26; 130,80; 174,0 и 535,62 кэВ. В последнее время уточнены значения времен жизни /4/ и квантовые характеристики /5/ ряда уровней ^{133}La . Кроме того, по отношениям интенсивностей L_1 -, L_2 - и L_3 -линий ЭВК нами определены отношения смешивания мультипольностей ряда γ -переходов, разряжающих эти состояния. Анализ вероятностей переходов с учетом новых данных о мультипольном составе γ -переходов ^{133}Ce и о спинах уровней ^{133}La приведен в табл.1.

Таблица 1

Анализ вероятностей переходов, разряжающих уровни 87,9; 97,3; 130,8; 174,0 и 535,6 кэВ в ядре ^{133}La .

Эур. кэВ	$T_{1/2}^{1/2}$ 10^{-9} , сек.	$\Sigma \gamma$, кэВ	$I_{\gamma}^{\pi} \rightarrow I_{\gamma}^{\pi}$	σL	$T_{1/2}^{1/2}(\sigma L)$ эксл. сек.	$F_{\text{зам.}}^{\text{Мошк.}}(\sigma L)$
87,93	I,3(I)/3/	87,93	$5/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1+	I	96,8
97,26	4,0,4/3/	97,26	$3/2^+ \rightarrow 5/2^+$	0,26(14)%E2	I	0,57
130,80	I,12(I8)/3/	42,7	$7/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1+		<45,8
174,0	0,83(I8)/3/	130,8	$7/2^+ \rightarrow 5/2^+$	2,4(5)%E2		<0,024
535,62	63,9(45)/4/	174,0	$1/2^+ \rightarrow 5/2^+$	2,5(6)%E2	0,028	1322
		58,39	$1/2^+ \rightarrow 3/2^+$	M1+	0,972	0,16
		404,7	$1/2^+ \rightarrow 5/2^+$	$5,4^{+1,2}_{-0,9}\%E2$	0,99	174
		535,62	$1/2^+ \rightarrow 9/2^+$	$0,32^{+0,14}_{-0,18}\%E2$	0,01	0,09
			$1/2^+ \rightarrow 7/2^+$	E2	0,952	53,8
			$1/2^+ \rightarrow 5/2^+$	E1	0,045	0,17
			$1/2^+ \rightarrow 3/2^+$	E1	0,003	1,23
			$1/2^+ \rightarrow 5/2^+$	E2	0,045	34430
			$1/2^+ \rightarrow 7/2^+$	M2+		76,1
			$1/2^+ \rightarrow 9/2^+$	E3		<0,0008
			$1/2^+ \rightarrow 5/2^+$			0,24

При расчете $F_{\text{зам.}}^{\text{Мошк.}}(\sigma L)$ учет статистического множителя не производился.

3. СХЕМА РАСПАДА ^{133}Ce

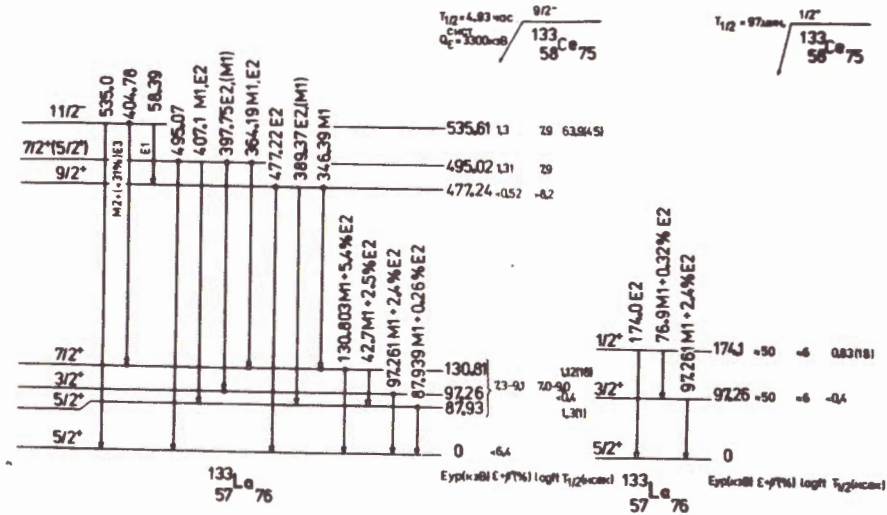
К настоящему времени к распаду 5-часового ^{133}Ce отнесено около 300 γ -переходов, которые размещались между 64 уровнями ^{133}La . Поскольку в ^{5/} представлена полная схема распада ^{133}Ce , мы ограничивались приведением фрагмента из этой схемы /см. рис.1/. На этом же рисунке приведена схема распада 97-минутного ^{133}Ce . К его распаду отнесены пять γ -переходов: 76,9; 97,3; 174,0; 376,7 и 557,7 кэВ, и только три из них размещены в схеме распада уровней ^{133}La .

Спин основного состояния $^{133}\text{La} 5/2^+$ был измерен в ^{6/}, а спины основных состояний 5-часового и 97-минутного ^{133}Ce определены в ^{5/} и равны $9/2^+$ и $1/2^+$, соответственно.

Первому возбужденному уровню 87,93 кэВ ^{133}La приспаны спин и четность $5/2^+$ ^{5/} на основании мультипольности γ -перехода 87,93 кэВ /M1+E2/ и систематики уровней со спинами $5/2^+$ в ядрах с $Z=57$. Полученные нами факторы запрета для M1-перехода - $F_{\text{зам.}}^{\text{Мошк.}}(M1)=96,8$ и ускорения для E2-перехода - $F_{\text{уск.}}^{\text{Мошк.}}(E2)=1,75$ /см. табл.1/ не противоречат такому значению спина.

Второй возбужденный уровень с энергией 97,3 кэВ разряжается на основное состояние γ -переходом мультипольности $M+2,4/5\%E2$.

Этот уровень возбуждается при распаде как 5-часового, так и 97-минутного ^{133}Ce . Мультипольный состав γ -перехода 97,3 кэВ и отсутствие γ -перехода на уровень 97,3 кэВ с уровня 477,2 кэВ / $9/2^+ \rightarrow 1/2^+$ / позволяют приписать уровню 97,3 кэВ квантовые характеристики $3/2^+$ ^{5/}. Величины $F_{\text{зам.}}^{\text{Мошк.}}(M1) < 46$ и $F_{\text{уск.}}^{\text{Мошк.}}(E2) > 42$ для

Рис.1. Фрагмент схемы распада ^{133}Ce .

у-перехода 97,3 кэВ скорее всего свидетельствуют о коллективной природе этого состояния.

Уровень 130,8 кэВ заселяется при распаде 5-часового ^{133}Ce и разряжается у-переходами 42,7 и 130,8 кэВ. Мультипольность у-перехода 42,7 кэВ была определена нами как $M1 + 2, 5/6/\% E2$ при исследовании спектра ЭВК на бета-спектрографе с постоянным магнитным полем ^{7/}. Для у-перехода 130,8 кэВ уточнено значение примеси мультипольности E2. Гамма-переход 130,8 кэВ является ℓ -запрещенным M1-переходом, так как значения $F_{\text{Мощк}}^{\text{М1}} = 174$ и $F_{\text{уск}}^{\text{Мощк}}(E2) = 11,1$ для этого перехода хорошо согласуются с имею-

щейся систематикой ℓ -запрещенных переходов типа $p(g_{7/2} \rightarrow d_{5/2})^{8/}$. Согласно ^{5/}, уровень 174,0 кэВ заселяется только при распаде 97-минутного ^{133}Ce и разряжается на уровень 97,3 кэВ переходом

76,9 кэВ мультипольности $M1 + /0,32^{+0,14}_{-0,18}/\% E2$ и на основное состояние - переходом 174,0 кэВ типа E2. Эти данные подтверждают приписание значения спина и четности $1/2^+$ уровню 174,0 кэВ на основе систематики низколежащих состояний с характеристикой $1/2^+$ в нечетных изотопах лантана ^{5/}.

Уровень 535,6 кэВ разряжается переходом 58,39 кэВ (E1) на уровень 477,2 кэВ $/I^\pi = 9/2^+/\text{ и } \gamma$ -переходом 404,8 кэВ ($M2 + < 31\% E3$), а также слабым прямым переходом 535,6 кэВ (E3) на основное состояние $^{133}\text{La}^{5/}$ $/9,10/$ предполагалось, что уровень 535,6 кэВ является изомером, и ядро ^{133}La имеет сплюснутую деформацию. Неправильность такой интерпретации была показана в ^{11/}, где в реакции типа $\text{Ba}(\alpha, t)$ был определен спин уровня 535,6 кэВ - $11/2^-$. Анализ вероятностей переходов с энергией 535,6 кэВ, в свете новых данных о спинах уровней ^{133}La и о мультипольности у-переходов, приведен в табл.1.

Сделанные в нашей работе выводы о мультипольности ряда у-переходов с более высоких уровней ^{133}La , в основном, подтверждают результаты ^{5/}. Наши новые выводы о спинах и четностях этих состояний и их обоснование представлены в табл.2.

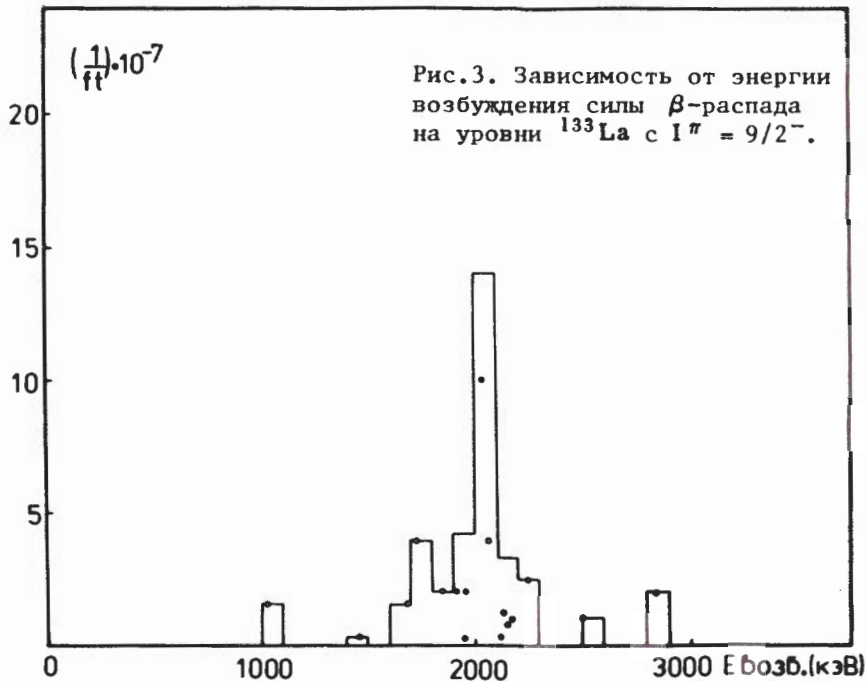
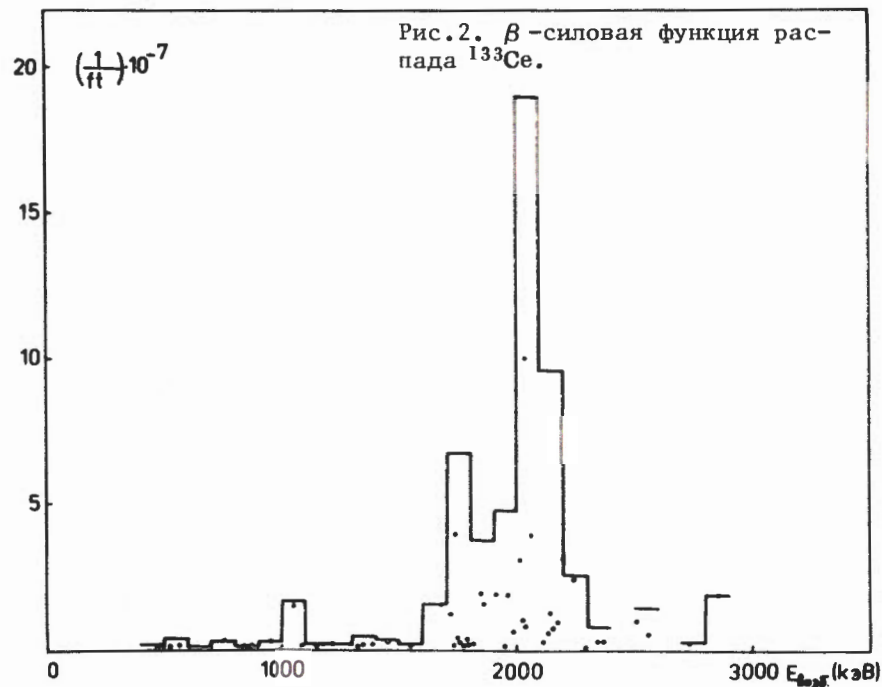
4. БЕТА-СИЛОВАЯ ФУНКЦИЯ РАСПАДА ^{133}Ce .

Как известно, силовая функция β -переходов - одна из важнейших характеристик структуры атомного ядра. При низких энергиях возбуждения /до величины Q_β - энергии β -распада/ силовая функция определяет характер β -распада радиоактивного ядра.

На основании значений $\lg ft$ ^{5/} построены гистограммы, представляющие зависимость силы β -распада - $\Sigma(ft)^{-1}$ от энергии возбуждения ядра ^{133}La . На рис.2 показан общий вид β -силовой функции распада ^{133}Ce , построенный по суммам в интервалах по 100 кэВ. Такая же зависимость для уровней ^{133}La с $I^\pi = 9/2^-$ показана на рис.3. Необходимо отметить, что при построении второй гисто-

Таблица 2
Спины и четности некоторых возбужденных состояний ^{133}La .

$E_{\text{ур.}}$ (кэВ)	I^π по /5/	I^π наст. раб.	Основания для приписания I^π
765,2	-	$5/2^+ + 9/2^+$	Мультипольность - (M, E2) -перехода 224,2 кэВ на уровень $1/2^+(5/2^+)$ - 541,0 кэВ Наличие переходов 287,7 кэВ на уровень $9/2^+$ - 477,2 кэВ 634,5 кэВ на уровень $1/2^+$ - 130,8 кэВ 765,2 кэВ на уровень $5/2^+$ - 0 кэВ
838,2	-	$5/2^+ + 9/2^+$	Мультипольность - (M, E2) -перехода 274,8 кэВ на уровень $1/2^+(5/2^+)$ - 563,4 кэВ M-перехода 360,9 кэВ на уровень $9/2^+$ - 477,2 кэВ Наличие переходов 707,4 кэВ на уровень $1/2^+$ - 130,8 кэВ 838,1 кэВ на уровень $5/2^+$ - 0 кэВ
1092,4	$1/2^+ + 9/2^+$	$9/2^+$	Мультипольность - M-перехода 437,7 кэВ на уровень $11/2^+$ - 654,7 кэВ
1188,6	-	$7/2^- + 9/2^-$	Наличие переходов 546,8 кэВ (M) с уровня $9/2^-$ - 1735,4 кэВ 669,0 кэВ с уровня $7/2^-$ - 1857,6 кэВ
1310,9	$7/2^- + 9/2^-$	$7/2^- + 9/2^-$	Мультипольность - (M, E2) -перехода 264,7 кэВ на уровень $9/2^-$ - 1046,2 кэВ
1365,0	$9/2^- + 11/2^-$	$11/2^-$	Мультипольность - (M, E2) -перехода 211,6 кэВ на уровень $13/2^-$ - 1153,4 кэВ (M, E2) -перехода 319,0 кэВ на уровень $9/2^-$ - 1046,0 кэВ (M, E2) -перехода 829,4 кэВ на уровень $11/2^-$ - 535,6 кэВ
1784,8	-	$7/2^+ + 11/2^+$	Наличие перехода 346,8 кэВ на уровень $15/2^-$ - 980,4 кэВ M-перехода 278,0 кэВ с уровня $7/2^-, 9/2^-$ - 2062,8 кэВ



граммы, наряду с однозначно определенными $I^\pi = 9/2^-$, использованы все уровни ^{133}La , для которых характеристики $I^\pi = 9/2^-$ являются предположительными.

Построенная β -силовая функция распада ^{133}Ce позволяет сделать следующие выводы:

а/ β -силовая функция распада ^{133}Ce имеет явно выраженный максимум в районе 2,0-2,2 МэВ;

б/ при распаде ^{133}Ce с большой интенсивностью заселяются уровни с $I^\pi = 9/2^-$, что, возможно, связано с фрагментацией дочернего состояния $Ig_{9/2}^{133}\text{La}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Meyer - Ter - Vehn J. Nucl.Phys., 1975, A249, p. 111.
2. Kurijama A. et al. Suppl.Prog.Theor.Phys., 1975, 58, ed. H.Yukawa.
3. Морозов В.А. и др. ЯФ, 1973, т.17, вып.4.
4. Будзински М. и др. ЯФ, 1975, т. 21, 913, вып. 5.
5. Henry E.A., Meyer R.A. Phys.Rev., 1978, C18, p. 1814.
6. Ingelman S. et al. Phys.Sci., 1973, 7, p. 24.
7. Абдуразаков А.А. и др. Бета-спектрографы с постоянными магнитами, ФАН, Ташкент, 1970.
8. Марупов Н.З. и др. ОИЯИ, Р6-9005, Дубна, 1975.
9. Abou H. et al. Compt.Rend., 1967, 265, p. 1131.
10. Gerschel C. Nucl.Phys., 1968, A108, p. 337.
11. Leigh J.R. et al. Nucl.Phys., 1973, A213, p.1.
12. Nakai K. et al. Phys.Lett., 1973, 44B, p. 443.
13. Toki H., Faessler A. Nucl.Phys., 1975, A253, p. 231.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 февраля 1984 года.

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.
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.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 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.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 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.
D2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 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.

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

Исламов Т.А., Морозов В.А., Холматов А.Х.

6-84-101

О схеме распада ^{133}Ce

Проведен анализ вероятностей радиационных переходов, разряжающих возбужденные состояния ^{133}La с энергиями: 87,9; 97,3; 130,8; 174,0 и 535,6 кэВ. На основании полученных результатов о мультипольности γ -переходов ^{133}Ce уточнены квантовые характеристики ряда уровней ^{133}La . Построена β -силовая функция распада ^{133}Ce . При этом были сделаны следующие выводы: а) β -силовая функция распада ^{133}Ce имеет явно выраженный максимум в районе 2,0-2,2 МэВ; б) при распаде ^{133}Ce с большой интенсивностью заселяются уровни $9/2^-$, что, возможно, связано с фрагментацией дырочного состояния $Ig_{9/2}$ в ^{133}La .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой.

Islamov T.A., Morozov V.A., Kholmatorov A.Kh.

6-84-101

On ^{133}Ce Decay Schemic

Probabilities of radiative transitions discharging the excited states in ^{133}La with energies 87.9, 97.3, 130.8, 174.0 and 535.6 keV are analysed. The obtained results on the multipolarity of γ -transitions of ^{133}Ce are used to determine more accurately the properties of some levels of ^{133}La . The β -strength function of the decay of ^{133}Ce is constructed. The following conclusions are made: a) the β -strength function of the decay of ^{133}Ce has a pronounced maximum within 2.0-2.2 MeV, b) under the decay of ^{133}Ce the $9/2^-$ levels are populated with great intensity, this may be due to the fragmentation of the hole $Ig_{9/2}$ state in ^{133}La .

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984