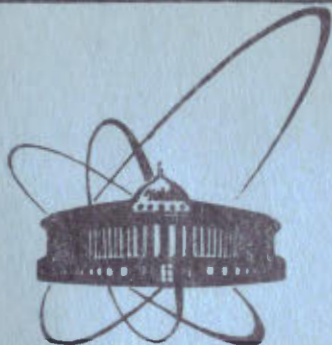


2/6/84



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

6-84-220

Т.А.Исламов, Н.А.Лебедев, А.Х.Холматов

ЭЛЕКТРОНЫ ВНУТРЕННЕЙ КОНВЕРСИИ
ПРИ РАСПАДЕ ^{134}Ce И УРОВНИ ^{134}La

Направлено в журнал
"Известия АН СССР, серия физическая"

1984

До недавнего времени считалось, что $^{134}\text{Ce} / T_{1/2} = 75,9 \pm 0,9$ ч/ при распаде полностью переходит в основное состояние ^{134}La путем электронного захвата. Первые сведения о возбужденных состояниях ^{134}La были получены при распаде ^{134}Ce в 1976 г. ^{/1,2/}. В ^{/1/} наблюдались линии электронов внутренней конверсии /ЭВК/ трех γ -переходов, связанных с распадом ^{134}Ce , в ^{/2/} измерены спектры γ -лучей и γ - γ -совпадений и предложена схема распада $^{134}\text{Ce} \rightarrow ^{134}\text{La}$. Измерения спектра γ -лучей и ЭВК при распаде ^{134}Ce продолжены в ^{/3/}. Однако полученные в ^{/1-3/} экспериментальные данные позволили определить спины и четности только двух из десяти известных уровней ^{134}La .

В настоящей работе более детально исследован спектр ЭВК при распаде ^{134}Ce , и на этой основе получены новые данные о спинах и четности уровней дочернего нечетно-нечетного ядра ^{134}La .

Радионуклид ^{134}Ce получался в реакции глубокого расщепления гадолиния протонами с энергией 660 МэВ на синхроциклотроне ЛЯП ОИЯИ. ^{134}Ce выделялся из мишени в смеси с другими изотопами церия ^{/4/}. Радиоактивные источники изготавливали методом электролиза ^{/5/}. Подложкой служила платиновая проволока диаметром 0,1 мм. Спектры ЭВК изучали с помощью бета-спектрографа с постоянным магнитным полем ^{/6/} при разрешении 0,03-0,07%. Для регистрации электронов использовались фотопластинки типа Р-50.

Относительные интенсивности линий ЭВК определялись с помощью автоматизированного микрофотометра ^{/7/}, связанного с ЭВМ ЕС-1010. Энергии линий ЭВК измеряли методом, описанным в ^{/6/}, с помощью координатного измерителя ИЗА-2 с использованием для расчетов ЭВМ CDC-6500. С целью получения сведений о малоинтенсивных γ -переходах фотопластинки со спектрами ЭВК активировали радиоактивной серой-35 и путем автордиографии получали вторичные усиленные изображения линий ЭВК ^{/8/}.

Исследование спектров ЭВК изотопов церия в диапазоне энергий от 10 до 500 кэВ позволило обнаружить и определить относительные интенсивности линий ЭВК 27 γ -переходов, связанных с распадом ^{134}Ce . В таблице представлены определенные нами энергии γ -переходов и относительные интенсивности линий ЭВК, данные ^{/2/} об относительных интенсивностях γ -лучей, а также наши выводы о мультипольности γ -переходов и о размещении этих переходов в схеме распада ^{134}Ce . Для связи шкал относительных интенсивностей γ -лучей и ЭВК в таблице использовалось расчетное ^{/9/} значение коэффициента внутренней конверсии на К-оболочке для перехода 130,414 кэВ типа $M1 + 0,18(9)\% E2$: $a_K = 0,445$. Мультипольность

Сведения о γ -переходах при распаде ^{134}Ce .

$E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})$, кэВ	$I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})$ /2/	$I_e(\Delta I_e)$	$\alpha_{\text{K}}(\Delta \alpha_{\text{K}})$ ЭКСП.	4	5	6	7	8
22,70(10)	< 22	L ₁ 40(9) L ₂ 25(7) L ₃ 30(8)			H ₁ M ₁ +I, 54(33)%E ₂	I ₃₀ (30)	54	31
K _X (L _a)	72300(3600)							
31,89(10)	< 50	L ₁ 186(42) L ₂ 96(30) L ₃ 150(44)			M ₁ +2,79(61)%E ₂	600(I34)	31	0
39,08(9)	< 150	L ₁ 25(6) L ₂ 8(3)			H ₁ M ₁ +I, 95(53)%E ₂	72(I7)	93	54
54,65(6)	16,9(24)	K 90(I5) L ₁ 15(4) M ₁ 4(I)	5,32(II3)		M ₁ + E ₂	I ₃₀ (I8)	54	0
59,04(20)	0,21(I0)	K 6(I)				0,21(I0)		
61,30(10)H		K 5(I)	> 1,58		H(M ₁ , E ₂)	I ₂ (I)	355	294
61,88(14)	3,16(I8)					I ₀ (I)	93	31
66,26(20)	0,12(6)					0,12(6)		

Таблица / продолжение /

I	2	3	4	5	6	7	8
68,55(16)	0,76(25)	K СЛОЖН.			3,3(II)	162	93
70,85(12)	1,21(20)	K СЛОЖН.			I,21(20)		
90,18(6)	5,5(5)	K I ₀ (3)	1,82(6I)	H ₁ E ₂ , M ₁	21,6(I9)	252	162
93,47(16)	0,93(25)				0,93(25)	93	0
I02,998(10)	25,3(25)	K I ₈ (3)	0,71(I13)	H ₁ M ₁ , E ₂	51,1(5I)	355	252
I04,53(8)	2,14(28)	K 2,5	≤ 1,17	H(E ₂ , M ₁)	5,86(77)	136	31
I07,34(4)	6,1(4)	K 4,0(8)	0,66(I14)	H ₁ M ₁	11,68(76)	294	187
I16,19(4)	2,68(27)	K ≤ 1,5	≤ 0,56	H(M ₁)	4,58(I0)	252	136
I30,414(15)	209(15)	K = 93	= 0,445	M ₁ +0,18(9)%E ₂	319(22)	162	31
		L ₁ II,6(I6) L ₂ 0,84(I5) L ₃ ≤ 0,2					
I31,93(5)	17,1(I17)	K 9(2)	0,526(I26)	H ₁ E ₂ , M ₁	29,9(29)	294	162
I50,20(4)	3,76(40)	K I,8(4)	0,478(II4)	H ₁ M ₁ , E ₂	5,07(53)	355	205
I58,785(10)	39,1(27)	K 9(2)	0,23(5)	H ₁ M ₁ , E ₂	51,0(35)	252	93
I62,306(10)	230(16)	K 58(9)	0,25(4)	M ₁ +36(I4)%E ₂	302,5(210)	162	0
		L ₁ 6,8(II) L ₂ 3,4(5) L ₃ I,3(2)					

I	2	3	4	5	6	7	8
I68,453(25)	I2,2(9)	K 27(4)	0,22(4)	H _{M1} , E2	I5,3(II)	355	I87
I87,013(12)	2I,8(15)	K 3,9(8)	0,18(4)	H _{E2} , M1	26,7(18)	187	0
I93,157(12)	40,4(28)	K 6,0(15)	0,148(38)	H _{M1} , E2	48,6(34)	355	I62
I97,891(25)	I3,6(10)	K I,2(3)	0,088(23)	H _{M1} , E2	I5,9(12)	252	54
200,60(8)	I,6I(24)	K ≈ 0,4	≈ 0,095	H _{M1} , E2	I,6I(24)	294	93
205,27(6)	4,2(5)	K ≈ 0,5	≈ 0,108	H _{M1} , E2	4,89(58)	205	0
220,56(5)	4,6(5)	K I,0(3)	0,076(23)	H _{E2} , M1	5,2(6)	252	3I
239,650(20)	I3,I(10)	K сложн.			I4,4(II)	294	54
252,54(7)	3,7(5)	K ≤ 2,6 сложн.	≤ 0,048		3,7(5)	252	0
262,26(10)	3,4(5)	K 2,8(8)	0,032(9)		3,4(5)	294	3I
265,54(7)	3,9(5)				3,9(5)		0
294,264(15)	54(4)			H _{M1} , E2	57(4)	294	0
300,884(15)	88(7)	K ≈ 0,6	≈ 0,038	H _{M1} , E2	93(7)	355	54
323,59(5)	I5,6(16)	K ≈ 0,5	≈ 0,057	H _{M1} , E2	I6,3(17)	355	3I
355,54(5)	8,8(9)				9,2(9)	355	0

"н" - новые результаты;
линий других изотопов.

"сложн." - на месте расположения линий ЭВК наблюдается несколько

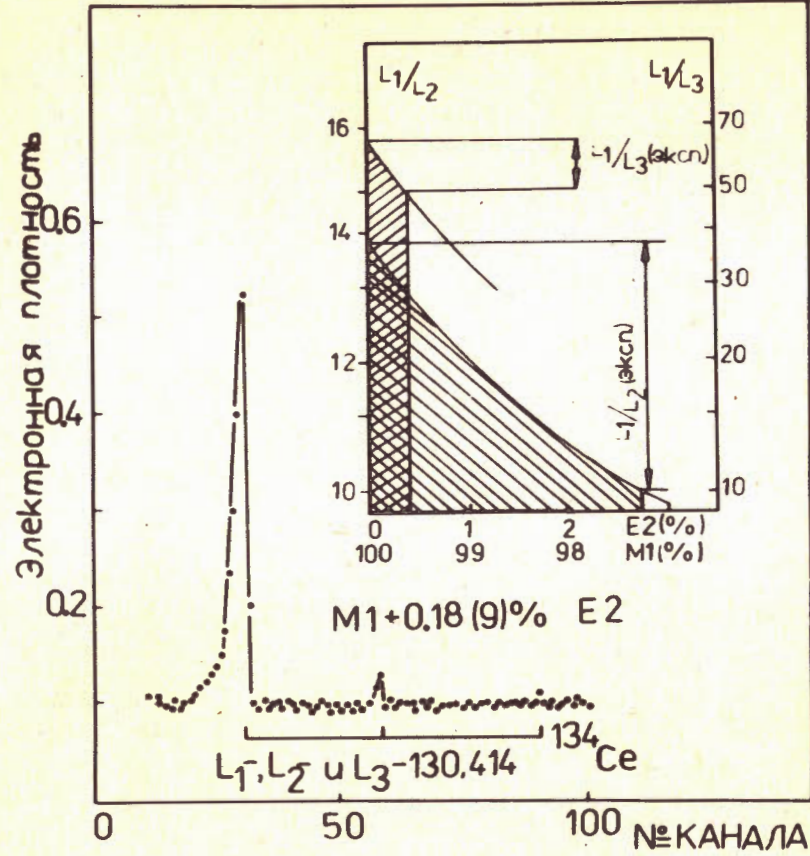


Рис.1. К определению мультипольности γ -перехода
130,414 кэВ ^{134}Ce .

этого перехода экспериментально установлена из отношений интенсивностей L_1 -, L_2 - и L_3 -линий ЭВК /см.рис.1/. Из сравнения экспериментальных и расчетных ^{9/} отношений интенсивностей L_1 -, L_2 и L_3 -линий ЭВК определен мультипольный состав γ -переходов: 22,70 кэВ - $M1 + 1,5(3)\% E2$; 31,89 кэВ - $M1 + 2,8(6)\% E2$; 162,306 кэВ - $M1 + 36(14)\% E2$. Для перехода 39,08 кэВ мультипольность - $M1 + 1,9(5)\% E2$ определена из отношений интенсивностей L_1 - и L_2 -линий ЭВК. Выводы о мультипольности других γ -переходов сделаны на основании экспериментальных значений α_K . В итоге определены мультипольности для 26 γ -переходов, из них для 23 - впервые. Отношения смешивания мультипольностей для трех ранее изученных ^{13/} переходов /31,89; 130,414 и 162,31 кэВ/ существенно уточнены.

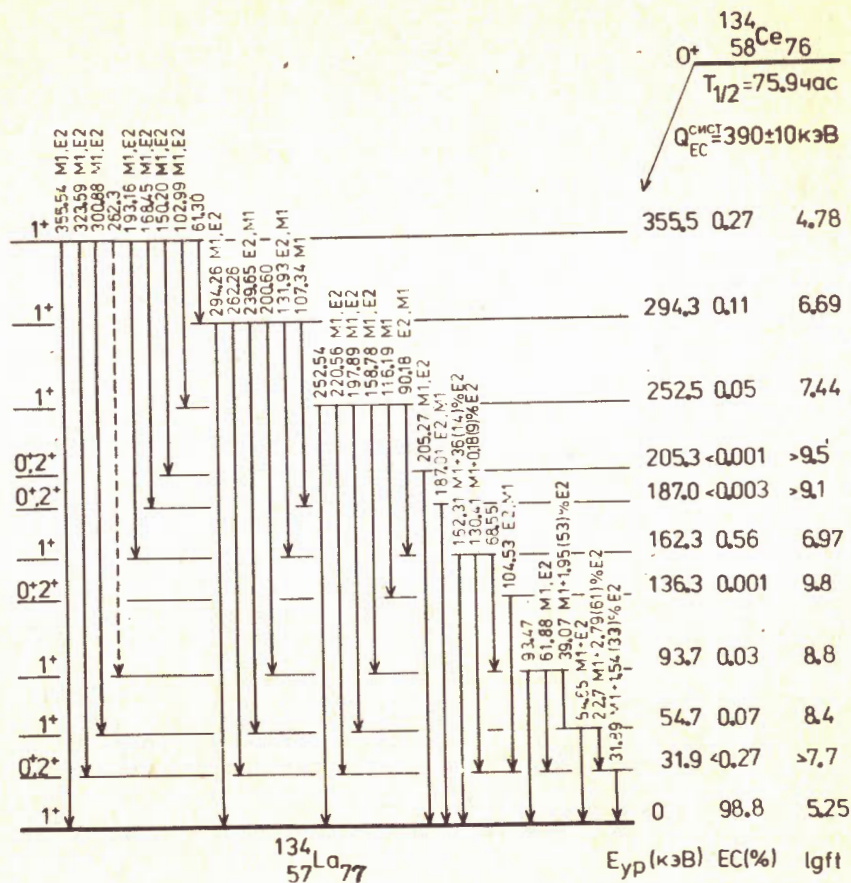


Рис. 2. Схема распада $^{134}\text{Ce} \rightarrow ^{134}\text{La}$.

В^{12/} предположено существование γ -перехода с энергией 22,7 кэВ. В наших измерениях удалось наблюдать L_{1-}, L_{2-} и L_{3-} линии ЗВК и тем самым подтвердить данный переход. На основании энергетического баланса переход с энергией 22,7 кэВ размещается между уровнями 54,7 и 31,9 кэВ.

За основу схемы возбужденных состояний ^{134}La /см.рис. 2/ был принят вариант, предложенный в^{13/}.

Высокая разрешающая способность бета-спектрографа^{16/} позволила отдельно наблюдать линии ЗВК γ -переходов 61,34 и 61,88 кэВ. Обнаруженный ранее неизвестный γ -переход 61,34 кэВ можно разместить между состояниями 355,5 и 294,3 кэВ.

На основе полученных экспериментальных данных и с учетом интенсивности характеристического K_{α} -излучения рассчитаны интенсивности заселения уровней ^{134}La при распаде ^{134}Ce электронным

захватом. Как видно из схемы распада ^{134}Ce /рис. 2/, наибольшая доля /98,8% электронного захвата идет в основное состояние ^{134}La . На основе значений разности масс $^{134}\text{Ce} - ^{134}\text{La} / Q_{\text{EC}}^{\text{сист.}} = 390 \pm 10$ кэВ из^{13/} и баланса интенсивностей вычислены величины $\lg ft$ для электронного захвата на уровни ^{134}La /рис. 2/.

Основное состояние ^{134}Ce , как и все четно-четные ядра, имеет спин 0 и положительную четность. Заселение основного состояния ^{134}La путем электронного захвата составляет 98,8%, значение $\lg ft$ для β -перехода на это состояние равно 5,25. Данные показывают, что бета-переход в основное состояние ^{134}La является разрешенным. Этот факт и результаты, полученные по распаду ^{134}La , позволили в^{2/} приписать основному состоянию ^{134}La спин и четность 1^+ . Скорость бета-перехода в основное состояние ^{134}La ($\lg ft = 5,25$) согласуется с его интерпретацией как двухквантового уровня $[p(d_{5/2}), n(d_{3/2})]_{1^+}$.

Полученные сведения о мультипольностях γ -переходов при распаде ^{134}Ce позволяют заключить, что все возбужденные уровни ^{134}La имеют ту же четность, как и основное состояние, т.е. положительную. Эти же результаты позволяют ограничить выбор спинов для возбужденных состояний ^{134}La значениями 1, 2 и 0; более жесткие ограничения на основе данных о мультипольности переходов сделать нельзя. Более определенные выводы можно сделать, если привлечь к рассмотрению экспериментальные данные о вероятностях β -переходов ($\lg ft$) на уровни ^{134}La . Известно, что β -переходы второго запрещения типа $0^+ \rightarrow 2^+$ имеют $\lg ft \geq 13$. Известно также^{10/}, что разрешенные переходы типа $0^+ \rightarrow 0^+$ замедлены по сравнению с другими разрешенными β -переходами примерно в 10^4 раз. Из систематики^{11/} следует, что β -переходы типа $0^+ \rightarrow 0^+$ с $\Delta T = 1$ в области $A = 130$ имеют $\lg ft \geq 9$. Приведенные на рис. 2 величины $\lg ft$ позволяют, таким образом, сделать вывод о том, что уровни 355,5; 294,3; 162,3; 252,5 кэВ, а также уровни 54,7 и 93,7 кэВ имеют спин 1. Величины $\lg ft$ для уровней 31,9; 136,3; 187,0 и 205,3 кэВ допускают, для них выбор значений спина 0 и 2.

Таким образом, среди возбужденных уровней ^{134}La , как и в соседних нечетно-нечетных ядрах^{13/}, идентифицирован ряд состояний типа 1^+ . Такое anomalно большое число состояний с $1^{\pi} = 1^+$ в ^{134}La и соседних нечетно-нечетных ядрах может быть генерировано изовекторными спиновыми силами типа $\chi \delta_1 \delta_2 \tau_1 \tau_2$ с включением небольшой деформации для ядер этой области^{12/}.

Авторы приносят благодарность проф. К.Я. Громову за полезные обсуждения и ценные замечания, Г.А. Кононенко - за помощь при фотометрировании фотопластинок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуразаков А.А. и др. В кн.: Тезисы докладов XXVII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1977, с.64.

2. Greenwood R.G. et al. Nucl.Phys., 1976, A270, p.29.
3. Абдумаликов А.А. и др. ОИЯИ, Р6-81-489, Дубна, 1981.
4. Молнар Ф., Лебедев Н.А. ОИЯИ, 6-3955, Дубна, 1968.
5. Новгородов А.Ф. и др. Радиохимия, 1964, 6, с.73.
6. Абдуразаков А.А. и др. Бета-спектрографы с постоянными магнитами. "Фан", Ташкент, 1970.
7. Исламов Т.А. и др. ОИЯИ, Р10-12794, Дубна, 1979.
8. Громова И.И. и др. ОИЯИ, Р6-82-487, Дубна, 1982.
9. Nager R.S., Zeltzer E.C. Nucl.Data, 1986, A4, p.1.
10. Соловьев В.Г. Теория сложных ядер. "Наука", М., 1971, с.259.
11. Raman S., Gove N.V. Phys.Rev., 1973, C7, p.1995.
12. Саламов Д.И. В кн.: Программа и тезисы докладов XXV совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1975, с.198.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 апреля 1984 года

Исламов Т.А., Лебедев Н.А., Холматов А.Х. 6-84-220
Электроны внутренней конверсии при распаде ^{134}Ce
и уровни ^{134}La

Измерен спектр электронов внутренней конверсии /ЭВК/ ^{134}Ce / $T_{1/2} = 75,9$ ч/ с помощью бета-спектрографа с постоянным магнитным полем. Определены энергии и относительные интенсивности линий ЭВК 27 γ -переходов, связанных с распадом ^{134}Ce . Из относительных интенсивностей L_{1-} , L_{2-} и L_{3-} линий ЭВК определен мультипольный состав следующих γ -переходов: 22,7 кэВ - $M1 + 1,5(3)\%E2$; 31,9 кэВ - $M1 + 2,8(6)\%E2$; 39,1 кэВ - $M1 + 1,9(5)\%E2$ и 162,3 кэВ - $M1 + 36(14)\%E2$. Определены мультипольности для 26 γ -переходов, из них для 23 - впервые. Полученные экспериментальные результаты позволили приписать квантовые характеристики 1^+ уровням ^{134}La с энергиями 54,7; 93,7; 162,3; 252,5; 294,3; 355,5 кэВ и 0^+ , 2^+ уровням 31,9; 136,3; 187,0 и 205,3 кэВ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Islamov T.A., Lebedev N.A., Kholmatov A.Kh. 6-84-220
Internal Conversion Electrons at the ^{134}Ce Decay
and ^{134}La Levels

Internal conversion electron spectrum of ^{134}Ce / $T_{1/2} = 75.9$ h/ has been measured by means of beta-spectrograph with a constant magnetic field. Energies and relative intensities of ICE lines for 27 γ -transitions caused by ^{134}Ce decay have been determined. From the intensity ratios of L_{1-} , L_{2-} and L_{3-} lines of ICE the multiplicity composition of the following transitions has been determined: 22.7 keV - $M1 + 1.5(3)\%E2$; 31.9 keV - $M1 + 2.8(6)\%E2$; 39.1 keV - $M1 + 1.9(5)\%E2$ and 162.3 keV - $M1 + 36(14)\%E2$. Multiplicities for 26 γ -transitions have been determined, 23 of them - for the first time. Experimental results obtained permit to ascribe the quantum characteristics to 1^+ levels of ^{134}La with 54.7; 93.7; 162.3; 252.5; 294.3; 355.5 keV energies; and to 0^+ , 2^+ levels with 31.9; 136.3; 187.0 and 205.3 keV energies.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984