

С 341.18

A-209

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2271



М.П. Авотина, Е.П. Григорьев, А.В. Золотавин,  
Н.А. Лебедев, В.О. Сергеев

РАСПАД  $E_{\alpha}^{147}$

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1965

2271

3521/1, 48.

М.П. Авотина,<sup>и/</sup> Е.П. Григорьев,<sup>и/</sup> А.В. Золотавин,<sup>и/</sup>  
Н.А. Лебедев, В.О. Сергеев<sup>и/</sup>

РАСПАД Еи<sup>147</sup>



и/

Ленинградский университет

С точки зрения существующих моделей трудно объяснить свойства ядер переходной области от сферических к деформированным ( $A = 140-150$ ). Авторы, которые пытались интерпретировать свойства уровней ядер в этой области как в рамках обобщенной модели, так и в рамках одночастичной модели, сталкивались с серьезными трудностями. Некоторого успеха достиг Шима<sup>/1/</sup>, который, пользуясь методом Ишида и Баралджера<sup>/12/</sup> описания ядер в этой области как систем квазичастиц, взаимодействующих с фоновыми колебаниями, получил качественное согласие расчетов вероятностей электромагнитных переходов, энергий и квантовых характеристик уровней с экспериментом.

В данной работе исследовались свойства уровней одного из ядер переходной области —  $\text{Sm}^{147}$ .

С помощью двух магнитных  $\beta$ -спектрометров типа  $\pi/2$  ( $r_0 = 500$  мм и  $r_0 = 140$  мм) с разрешением 0,2% и 0,1% соответственно изучался спектр электронов внутренней конверсии, возникающих при распаде  $\text{Eu}^{147} \rightarrow \text{Sm}^{147}$ . Магнитное поле спектрометра измерялось и стабилизировалось методом протонного резонанса, что позволило определить энергии  $\gamma$ -переходов с точностью 0,05–0,1%. Достаточно высокая разрешающая способность спектрометров дала возможность определить мультипольный состав переходов 76,1; 121,3 и 187,4 кэВ по отношениям  $L_1 : L_2 : L_3$ .

Источники  $\text{Eu}^{147}$  были получены в результате облучения танталовой мишени на синхротроне ОИЯИ и последующего хроматографического выделения европия из гадолиниевой фракции спустя два месяца после облучения тантала. Приготовленный таким образом препарат содержал лишь  $\text{Eu}^{147}$  (24 дня) и  $\text{Eu}^{149}$  (90 дней). Источники наносились электролизом на платиновую полосу размерами 20 x 2 мм.

Результаты определения энергий  $\gamma$ -переходов  $\text{Eu}^{147}$  и относительных интенсивностей конверсионных линий представлены в таблице 1. Энергии переходов в нашей работе прекрасно согласуются с данными Желева и др.<sup>/3/</sup> и заметно уточняют их. В интенсивностях же наблюдается большое различие. В области малых энергий наш спектрометр лучше передает интенсивности, чем прибор с трехкратной фокусировкой,

поэтому можно думать, что интенсивности линий перехода 76,5 кэв в нашей работе измерены точнее. При энергиях переходов свыше 800 кэв наблюдается регулярное занижение интенсивностей линий в нашей работе по сравнению с <sup>13/</sup>. Специальная проверка спектрометра на правильность передачи относительных интенсивностей линий по спектру Та<sup>182</sup> и Th (В + С + С' + С'') показала, что прибор передает их без искажений в области энергий от 15 до 2600 кэв.

Сравнительно высокая разрешающая способность спектрометра позволила частично разделить L-линии малоэнергетических переходов (рис. 1). В таблице 2 приведены результаты определения мультипольностей трех переходов. Видно, что они согласуются с данными Швердтфегера и др. <sup>14/</sup> и уточняют их, так как интенсивности линий точнее определяются с помощью спектрометра, чем спектрографа, при близкой разрешающей способности приборов.

В работах <sup>13/</sup> и <sup>14/</sup> измерены интенсивности  $\gamma$ -линий Е<sub>а</sub><sup>147</sup>. Это дает возможность определить коэффициенты внутренней конверсии и мультипольности переходов путем сопоставления интенсивностей конверсионных линий и  $\gamma$ -лучей (таблица 3). Нормировка произведена по Е<sub>2</sub>-переходу 197,4 кэв, для которого взято теоретическое значение  $\alpha_K = 0,143$ . Таблица 3 требует некоторых пояснений. Переходы 857 и 880 кэв не разделялись в  $\gamma$ -спектре. Однако можно сделать заключение о мультипольности перехода 857 кэв, так как интенсивность его конверсионной линии в 3 раза больше, чем К-880. При любых предположениях о мультипольности перехода 880 кэв (Е<sub>1</sub>, Е<sub>2</sub>, М<sub>1</sub>) на долю  $\gamma$ -перехода 857 кэв остается достаточная интенсивность, чтобы коэффициент конверсии соответствовал  $\alpha_K$  для перехода Е<sub>1</sub>. При этом интенсивность  $\gamma$ -880 определялась по интенсивности К-880 и теоретическому значению  $\alpha_K$ .

Аналогично обстоит дело с  $\gamma$ -переходами 933 и 956 кэв. Первый из них заметно слабее второго в конверсионном спектре. Крайние значения  $\alpha_K$  в таблице 3 для перехода 956 кэв соответствуют предположениям, что мультипольность перехода 933 кэв в одном случае Е<sub>1</sub>, в другом - М<sub>1</sub>. Здесь также учтена возможная погрешность опыта. Этого оказалось достаточно для оценки мультипольности перехода 956 кэв.

На основании представленных в таблицах 1-3 результатов нам удалось уточнить схему распада Е<sub>а</sub><sup>147</sup> (рис. 2). Наиболее существенным является установление положительной четности уровня 1054,6 кэв. Уровни с положительной четностью также наблюдаются в Sm<sup>145</sup>. Пока нет удовлетворительного объяснения причин появления таких уровней в нечетно-нейтральных ядрах при небольших энергиях возбуждения.

Следует отметить большую величину  $lgft = 8,0$  для разрешенного электронного захвата на уровень 1054,6 кэв 5/2+  $\rightarrow$  3/2+ (или 5/2+  $\rightarrow$  5/2+). Это может быть вызвано большим различием в структуре основного состояния Е<sub>а</sub><sup>147</sup> и рассматриваемого уровня.

Используя известные периоды полураспада уровней 121,3 кэВ  $T = 3,3 \cdot 10^{-10}$  сек и 187,4 кэВ  $T = 1,31 \cdot 10^{-9}$  сек <sup>18/</sup> и интенсивности и мультипольности переходов, мы получили парциальные периоды полураспада для этих  $\gamma$ -переходов. Результаты сравнения относительно оценок Вайскопфа-Мошковского приведены в таблице 4.

Интенсивности электронного захвата, показанные на схеме распада  $E_{\alpha}^{147}$ , являются результатом определения баланса интенсивностей для каждого уровня (таблица 5). Доля электронного захвата на основное состояние  $Sm^{147}$  определена по интенсивности компоненты  $\beta^+$ -спектра <sup>10/</sup> и отношению  $K/\beta^+ = 90$  для разрешенных переходов <sup>18/</sup>, хотя это переход первого запрещения. Зная интенсивности  $\beta^+$ -переходов на уровни 121,3 кэВ (0,10%) и 187,4 кэВ (0,13%), мы можем определить соответствующие значения  $K/\beta^+ = 170$  и 180. Теоретические значения для разрешенных переходов  $= 210 \pm 30$  и  $410 \pm 50$ . Полученные результаты могут быть полезными для теоретического рассмотрения запрещенного электронного захвата в ядрах.

#### Л и т е р а т у р а

1. F.J.Shima. Nucl. Phys., 55, 657 (1964).
2. S.Yoshida. Nucl. Phys., 38, 380 (1962);  
M.Baranger. Phys. Rev., 120, 957 (1960).
3. Ж.Т. Желев. Диссертация. Дубна, 1964;  
И.Вязн, К.Громов, Б.Джелепов, Ж.Т.Желев, Ю.Язвипкий, Изв. АН СССР (сер.физ.), 25, 1101 (1981); Nucl. Phys., 30, 120 (1962);  
Б.Джелепов, Ж.Желев, В.Калиников, А.Кудрявцева, Н.Лебедев, Ю.Мареев, Ю.Язвипкий. Препринт ОИЯИ, Р-2181, Дубна, 1985.
4. С.Е.Schwerdtfeger, H.J.Prask, J.W.Mihelich. Nucl. Phys., 35, 168 (1962).
5. Н.М.Антонова, А.А.Башпилов, Б.С.Джелепов, К.Г.Каун, А.Ф.А.Мейер, В.Б.Смирнов. ЖЭТФ, 40, 23 (1981).
6. J.F.McNulty, E.G.Funk, J.W.Mihelich. Nucl. Phys., 55, 657 (1964).
7. О.Д.Ковригина, Г.Д.Латышев, Г.А.Лоядаренко, А.Ф.Новгородов, Г.И.Сычиков. Изв. АН СССР (сер. физ.), 27, 283 (1983).
8. Э.Е.Берлович, Ю.К.Гусев, В.В.Ильин, В.В.Никитин, М.К.Никитин. Изв. АН СССР (сер. физ.), 26, 221 (1982).
9. И.М.Банд, Л.Н.Зырянова, Цин Чен-жуй, Изв. АН СССР (сер. физ.), 20, 1387 (1958).
10. К.Я.Громов, Ж.Т.Желев, Куань Сян-цзин, Г.Муэноль, Хань Шу-жунь. Препринт ОИЯИ, Р-2186, Дубна, 1985 г.

Рукопись поступила в издательский отдел  
14 июля 1985 г.

Таблица I

Энергии  $\gamma$ -переходов и интенсивности конверсионных линий <sup>147</sup>Eu

Наимен- данные	$E_{\gamma}$ /кэВ/			$I_{\epsilon}$				
	Антоньева и др. /8/	Хелев и др. /3/	Макналти и др. // Швердтфе- гер и др. /4,8/	Наимен- данные	Антонь- ева и др. /8/	Хелев и др. /3/	Швердт- Фегер и др. /4,8/	Ковригин и др. /7/
76, $1 \pm 0,1$	76, $5 \pm 0,3$	77	76,4	K $40 \pm 5$ L <sub>I</sub> $5,3 \pm 0,5$ L <sub>II</sub> $7,6 \pm 0,7$ L <sub>III</sub> $7,1 \pm 0,7$	- 100  15	120	55 <sup>х)</sup>	50  12
121, $3 \pm 0,1$	121, $0 \pm 0,3$	121, $0 \pm 0,4$	121,8	K $450 \pm 40$ L <sub>I</sub> + L <sub>II</sub> $73 \pm 7$ L <sub>III</sub> $10 \pm 1$	480 $\pm$ 30 78	500 82	565	500 82
197, $4 \pm 0,1$	197, $6 \pm 0,3$	198, $0 \pm 0,6$	198,1	K 100 L <sub>I</sub> + L <sub>II</sub> $23 \pm 3$ L <sub>III</sub> $10 \pm 2$	100 30	100 26	100	100 25
601, $5 \pm 0,3$	600 $\pm$ 2	602, $0 \pm 2,5$	600	K $2,0 \pm 0,2$ L $0,29 \pm 0,04$	1, $9 \pm 0,2$	2, $5 \pm 0,3$ 0, $4 \pm 0,06$	2,9	2,0 0,3
677, $5 \pm 0,3$	676 $\pm$ 2	676, $0 \pm 2,5$	680	K $2,3 \pm 0,2$ L $0,33 \pm 0,04$	1, $8 \pm 0,3$	2, $6 \pm 0,3$ 0, $5 \pm 0,07$	2,9	2,0 0,4
798, $7 \pm 0,4$	800 $\pm$ 3	800 $\pm$ 3	800	K $0,47 \pm 0,05$	-0,3	0, $76 \pm 0,010$	0,71	0,3
857, $3 \pm 0,5$	-	856 $\pm$ 3	862 $\pm$ 8	K $0,10 \pm 0,02$		0, $17 \pm 0,03$		
880, $3 \pm 0,5$	-	881 $\pm$ 4	-	K $0,03 \pm 0,01$		0,08	0,13	
933, $2 \pm 0,5$	-	932 $\pm$ 4	-	K $0,07 \pm 0,02$		0, $17 \pm 0,03$		
955, $8 \pm 0,4$	957 $\pm$ 4	957 $\pm$ 3	957	K $0,42 \pm 0,04$		0, $56 \pm 0,08$	0,84	
1077, $1 \pm 0,4$	1080 $\pm$ 4	1078 $\pm$ 4	1079	K $0,50 \pm 0,05$ L $0,06 \pm 0,02$		0, $72 \pm 0,08$ 0, $10 \pm 0,02$	0,75	
1196, $9 \pm 0,7$	-	1199 $\pm$ 6	1195 $\pm$ 12	K -0,01		0, $034 \pm 0,08$		
1256, $1 \pm 0,7$	-	1256 $\pm$ 5	1250 $\pm$ 10	K $0,04 \pm 0,01$		0, $080 \pm 0,015$		
1331, $7 \pm 0,7$	-	1332 $\pm$ 6	1326 $\pm$ 10	K $0,02 \pm 0,01$		0, $030 \pm 0,008$		
1055				K < 0,01				
1121				K < 0,01				
1318			1320 $\pm$ 13	K < 0,01				
1453		1454 $\pm$ 7	1448 $\pm$ 10	K < 0,01		0, $025 \pm 0,08$		

х) Вычислено из отношения L<sub>1</sub>:L<sub>2</sub>:L<sub>3</sub>.

**Т а б л и ц а 2**  
Мультипольности мягких  $\gamma$ -переходов, определенные по отношениям  $L_{II} : L_{III} : L_{IV}$

Переход	Мультипольность			
	Наши данные	Швердтфегер и др. /4/	Наши данные	Швердтфегер и др. /4/
76, I	$0,43 \pm 0,04$	0,25	$(70 \pm 3)\% \text{MI} + 30\% \text{E2}$	$80\% \text{MI} + 20\% \text{E2}$
I2I,3	$0,13 \pm 0,02$	0,II	$(89 \pm 2)\% \text{MI} + 11\% \text{E2}$	$90\% \text{MI} + 10\% \text{E2}$
I97,4	$> 100$	$> 100$	$\text{E2} + (< 1\% \text{MI})$	$\text{E2} + (< 1\% \text{MI})$

**Т а б л и ц а 3**  
Определение мультипольностей  $\gamma$ -переходов по коэффициентам конверсии

$\gamma$ -переход	$I_K$	$I_{\gamma}^{XX}$	$a_K = \frac{I_K - 0,143}{I_{\gamma}}$	Теоретическое значение				Выводы о мультипольности
				E1	E2	MI	M2	
76, I	$40 \pm 5$	2,6	2,2	0,48	2,40	3,30	32,5	MI + E2
I2I,3	$450 \pm 40$	$88 \pm 10$	$0,73 \pm 0,15$	0,14	0,69	0,86	6,40	MI + E2
I97,4	100	100	$0,143^{X)}$	0,037	0,143	0,20	1,05	E2
Умножено на $10^3$								
60I,5	$2,0 \pm 0,2$	$33 \pm 4$	$8,7 \pm 1,6$	2,5	6,6	12,0	33	MI + EE
677,5	$2,3 \pm 0,2$	$40 \pm 10$	$8,2 \pm 2,0$	1,9	5,0	9,0	23	MI + E2
798,7	$0,47 \pm 0,05$	$23 \pm 5$	$2,9 \pm 0,7$	1,35	3,3	5,8	14,5	E2 + (MI)
857,3	$0,10 \pm 0,02$	$18 \pm 3$	-I	1,20	3,0	5,0	12,5	EI
880,3	$0,03 \pm 0,01$			1,15	2,8	4,7	11,0	-
933,2	$0,07 \pm 0,02$	$35 \pm 4$	1,5 - 2,9	1,03	2,5	4,1	9,9	-
955,8	$0,42 \pm 0,04$			0,95	2,3	3,8	9,0	E2, MI + E2
I077, I	$0,50 \pm 0,05$	$30 \pm 4$	2,4	0,78	1,85	2,9	6,7	MI + E2
II96,9	0,01			0,66	1,5	2,3	5,2	-
I256, I	$0,04 \pm 0,01$	9	1,1	0,60	1,3	2,0	4,6	-
I33I,7	$0,02 \pm 0,01$			0,53	1,2	1,8	3,9	-

- x)  $a_K$  для  $\gamma$  I97,4 принят равным теоретическому для мультипольности E2.  
 xx)  $I_{\gamma}$  взяты из работ Шлева и др. /3/ и Швердтфегера и др. /4/.

**Т а б л и ц а 4**  
Сравнение экспериментальных значений парциальных периодов уровней  
I2I,3 кэв и I97,4 кэв с одночастичными значениями

Переход	$I_k^x/$	$I_{L+M}$	$a_k^{xx}/$	$I_{\gamma} = \frac{I_k}{a_k}$	$I_{\Sigma} = I_k + I_{L+M} + I_{\gamma}$	$T_{1/2}$ эксп. (сек)	$T_{1/2}$ одночаст. (сек)	Фактор гормо- нения
76, I MI	40	26	3,0	9	80	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$5,2 \cdot 10^{-10}$	200
E2				4		$3,0 \cdot 10^{-7}$	$4,0 \cdot 10^{-6}$	0,075
I2I,3 MI	450	110	0,84	480	1100	$7,5 \cdot 10^{-10}$	$1,35 \cdot 10^{-10}$	5,5
E2				60		$6,0 \cdot 10^{-9}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	0,013
I97,4 E2	100	43	0,143	700	840	$1,7 \cdot 10^{-9}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	0,043

x) В единицах таблицы I.

xx) Теоретические значения для мультипольностей, приведенных в таблице 2.

**Т а б л и ц а 5**  
Определение числа переходов на 100 распадов  $E_{\beta}^{147}$

$E_{\gamma}$ (кэв)	$I_k$	$a_k^x/$	$I_{\gamma} = I_k/a_k$	$I_{\text{полн.}}$	$I_{\text{полн.}} \cdot a_k^{xx}/$
76, I	$40 \pm 2$	3,0	13	80	3,0
I2I,3	$450 \pm 40$	0,84	540	1100	41
I97,4	100	0,143	700	840	31
601,5	$2,1 \pm 0,2$	$8,7 \cdot 10^{-3}$	230	230	8,6
677,5	$2,3 \pm 0,2$	$8,2 \cdot 10^{-3}$	280	280	10,5
798,7	$0,47 \pm 0,05$	$3,3 \cdot 10^{-3}$	140	140	5,2
857,3	$0,10 \pm 0,02$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	85	85	3,2
880,3	$0,03 \pm 0,01$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	10	10	0,4
933,2	$0,07 \pm 0,02$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	70	70	2,6
955,8	$0,42 \pm 0,04$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	145	145	5,4
I077, I	$0,50 \pm 0,05$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	200	200	7,5

x) Для переходов 76, I и I2I,3 кэв  $a_k$  взяты согласно мультипольностям, приведенным в табл. 2; для переходов I97,4 (E2), 798,7 (E2), 857,3 (E1), 880,3 (E2) и 933,2 (E1) кэв взяты теоретические значения  $a_k$ . Для остальных переходов использованы экспериментальные значения (таблица 3).

xx) Вычислены в предположении, что число позитронов, идущих на основное состояние  $\Sigma_{147}^{+}$ , составляет 0,15% числа распадов  $E_{\beta}^{147}$ , причем отношение  $k/\beta^{+}_{-90}$  взято равным теоретическому значению для разрешенного перехода при энергии распада  $E_{\beta}^{147}$ , равной  $1652 \pm 15$  кэв /10/.



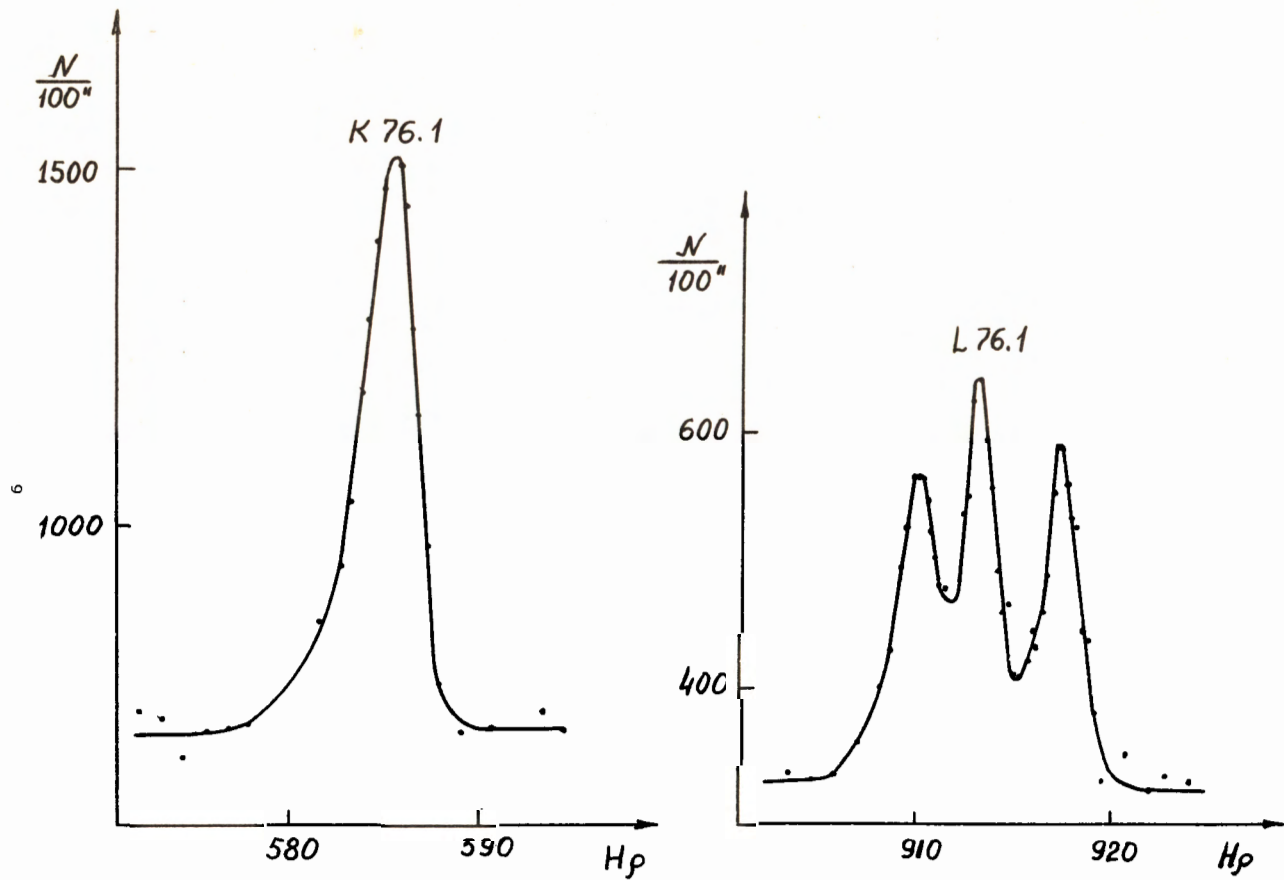


Рис. 1. К и L - конверсионные линии перехода 76,1 кэв в  $Sm^{147}$ .

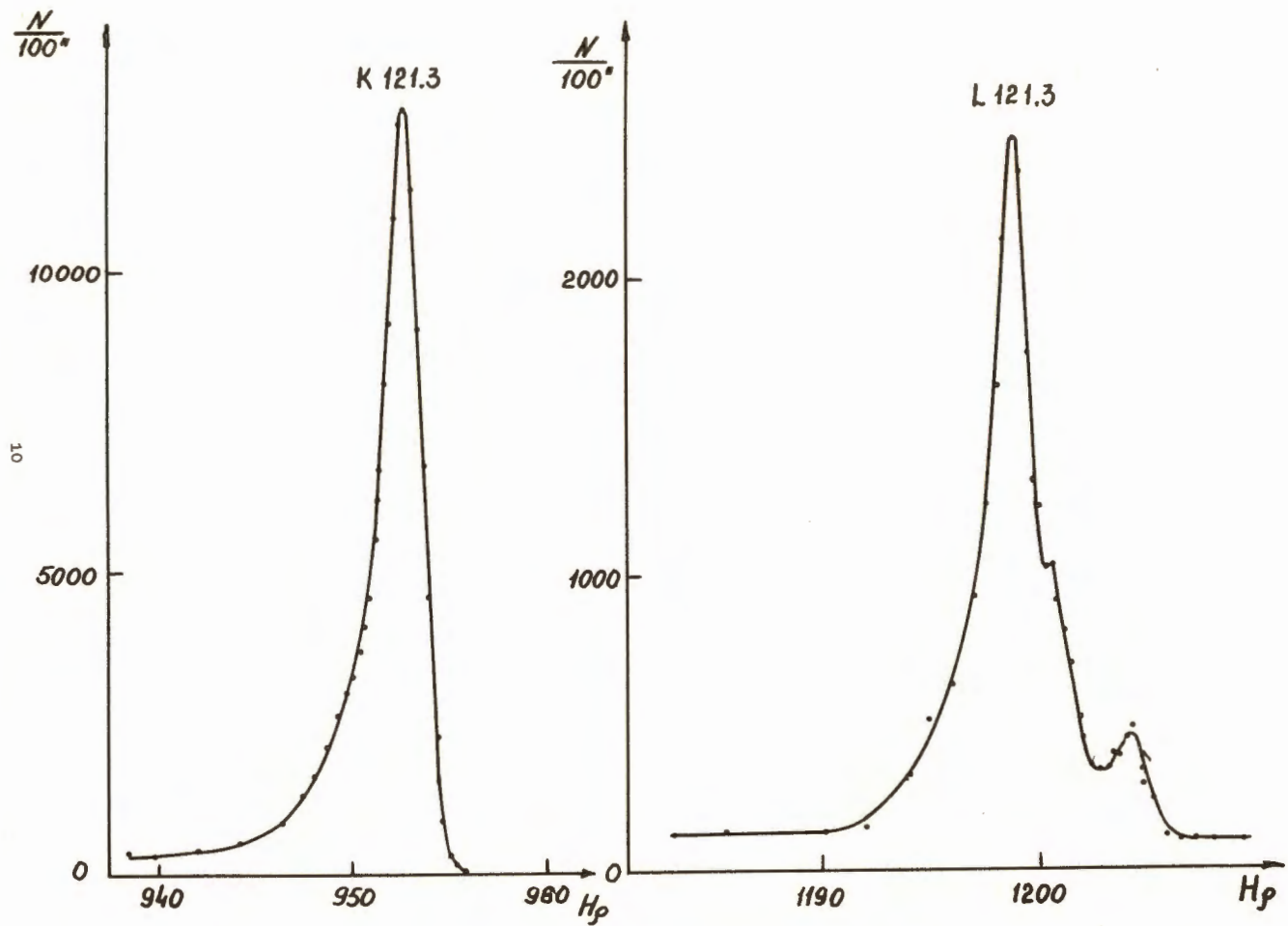


Рис. 2. К и L - конверсионные линии перехода 121,3 кэв в Sn<sup>147</sup>.

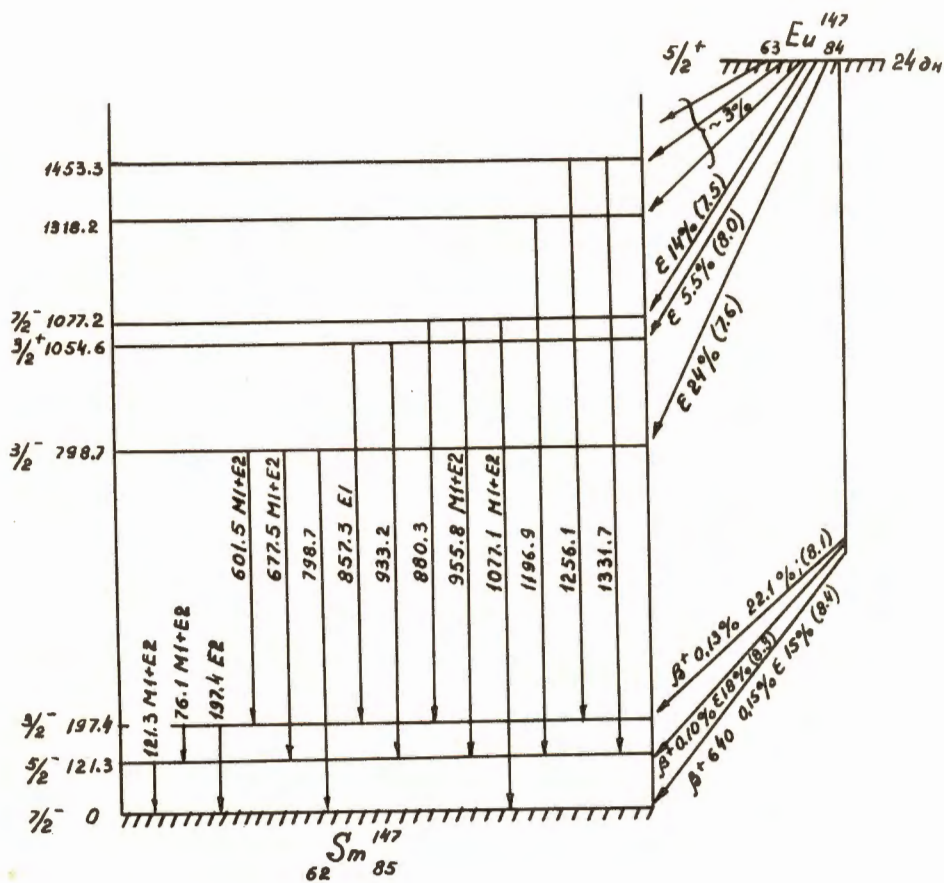


Рис. 3. Схема распада  $Eu^{147}$ .