

A-281

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ  
НИЛЬСА БОРА  
Копенгаген



P-2581

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

И. Адам, К. Вильский, Ж. Желев, М. Йоргенсен,  
М. Кривоустов, В. Кузнецов, О. Б. Нильсен,  
М. Фингер

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ  $^{145}\text{Eu}$

1966

4089/3 чр

P-2581

И. Адам, К. Вильский, Ж. Желев, М. Йоргенсен,  
М. Кривоустов, В. Кузнецов, О. Б. Нильсен,  
М. Фингер

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ  $^{145}\text{Eu}$



Исследовались спектры конверсионных электронов,  $\gamma$ -спектр, спектры  $\beta^+$ - $\gamma$  и, частично,  $e^-$ - $\gamma$ -совпадений. Спектр конверсионных электронов в области энергий от 700 до 2450 кэВ изучался в Дубне на магнитном  $\beta$ -спектрометре с двойной двукратной фокусировкой на угол  $\pi\sqrt{2}$  (разрешение  $\approx 0,2\%$ , светосила  $\approx 0,1\%$ ). Гамма-спектр исследовался с помощью германиевого полупроводникового детектора ( $0,7 \times 0,35 \text{ см}^2$ ) с использованием 1024-канального амплитудного анализатора; спектры  $\beta^+$ - $\gamma$  и  $e^-$ - $\gamma$ -совпадений измерялись на тороидальном шестизазорном  $\beta$ -спектрометре и  $\gamma$ -спектрометре с использованием 512-канального амплитудного анализатора с детекторами  $\text{NaJ}(\text{Te})$  ( $7,6 \times 7,6 \text{ см}^2$ ) в Институте имени Нильса Бора.

В работе использовались фракции европия и гадолиния, полученные при хроматографическом разделении редкоземельных элементов из тантала и эрбия, облученных протонами с энергией 660 МэВ на синхротроне ОИЯИ.

Исследования  $\gamma$ -спектра проводились на разделенном при помощи масс-сепаратора изотопе  $^{145}\text{Eu}$ .

На основании энергетического баланса, баланса интенсивностей, анализа  $\gamma$ -спектра и спектров  $e^-$ - $\gamma$  и  $\beta^+$ - $\gamma$ -совпадений предлагается схема распада  $^{145}\text{Eu} \rightarrow ^{145}\text{Sm}$ . Сделаны предположения о мультипольности переходов, определены заселенности уровней при электронном захвате и вычислены значения  $\log ft$ .

### В в е д е н и е

Излучение  $^{145}\text{Eu}$  исследовалось ранее в работах <sup>/1-15,24/</sup>. Изотоп  $^{145}\text{Eu}$  был обнаружен Хоффом и др. <sup>/1/</sup> в 1951 году при изучении реакции  $^{147}\text{Sm}(p,3n)^{145}\text{Eu}$ . Интенсивность обнаруженной активности  $^{145}\text{Eu}$  спадала с периодом полураспада 5,1 дня. Авторами работы <sup>/2/</sup> европию-145 были приписаны  $\gamma$ -кванты с энергиями 630, 660, 730 и 890 кэВ, интенсивность которых убывала с  $T_{1/2} \approx 5$  дней.

Надежная идентификация  $^{145}\text{Eu}$  была проведена Гровером <sup>/3/</sup> и Башиловым и др. <sup>/4/</sup>. Изучая продукт реакции  $^{144}\text{Sm}(a,p2n)^{145}\text{Eu}$ , Гровер идентифицировал

<sup>145</sup>Eu ( $T_{1/2} = 5,8 \pm 0,3$  дня) на основании функций возбуждений и генетических связей. Им наблюдались  $\gamma$ -кванты с энергиями 530, 645, 890, 1300 и 1650 кэВ. Интенсивности  $\gamma$ -переходов с энергиями 530, 645 и 890 кэВ по отношению к рентгеновскому излучению определены как 3 : 24 : 60 : 100, соответственно. Башилов и др.<sup>/4/</sup> изучали  $\gamma$ -спектр <sup>145</sup>Eu, полученный в реакции глубокого расщепления тантала протонами с энергией 660 МэВ. Были обнаружены  $\gamma$ -кванты с энергией 890, 1660, 1860 и 2000 кэВ, интенсивность которых убывала с периодом полураспада 5,5 дня. Кроме того, <sup>145</sup>Eu идентифицировался также по дочернему изотопу <sup>145</sup>Sm.

Антоньевой и др.<sup>/5/</sup> при исследовании спектра конверсионных электронов <sup>145</sup>Eu обнаружены следующие переходы с энергиями: 110,3; 191; 543; 656; 766; 894; 1663; 1880 и 2001 кэВ и впервые предложена схема распада <sup>145</sup>Eu  $\rightarrow$  <sup>145</sup>Sm.

Александровым и др.<sup>/6,7/</sup> исследовался  $\gamma$ -спектр, спектры  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений и угловые корреляции  $\gamma$ -квантов с энергиями 110 и 895 кэВ.

В работе Фридмана и др.<sup>/8/</sup> препарат <sup>145</sup>Eu был получен в результате дополнительного разделения на масс-сепараторе продукта реакции <sup>144</sup>Sm ( $\alpha, p 2n$ ) <sup>145</sup>Eu. В этой работе определен период полураспада  $T_{1/2} = (5,95 \pm 0,10)$  дня, оценена доля позитронов на распад, равная  $\approx 1\%$ .

Позитронное излучение <sup>145</sup>Eu исследовалось Джелеповым и др.<sup>/9,10/</sup>. Спектр позитрона содержит две компоненты с граничными энергиями  $800 \pm 40$  и  $1740 \pm 40$  кэВ, число позитронов на распад определено равным  $\approx 2\%$ . Позитроны с граничной энергией  $1740 \pm 40$  кэВ (1,4%) на основании разности масс <sup>145</sup>Eu  $\rightarrow$  <sup>145</sup>Sm<sup>/11/</sup> направлены в основное состояние, а позитроны с энергией  $800 \pm 40$  кэВ (0,6%) - на первый возбужденный уровень <sup>145</sup>Sm.

Методом тройных совпадений<sup>/12/</sup> было показано, что  $25 \pm 2\%$  позитронов идут на первый возбужденный уровень с энергией 894 кэВ, а 75% - в основном состоянии <sup>145</sup>Sm.

В работе<sup>/13/</sup> при изучении спектра конверсионных электронов обнаружены переходы с энергиями 214; 338; 364 и 372 кэВ. Обсуждается схема распада <sup>145</sup>Eu  $\rightarrow$  <sup>145</sup>Sm

Деметер и др.<sup>/14/</sup> изучали  $\gamma$ -спектр, спектры  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений и  $\gamma$ - $\gamma$ -корреляции при распаде <sup>145</sup>Eu. Источник <sup>145</sup>Eu был получен из тербиевой фракции в результате  $\alpha$ -распада <sup>149</sup>Tb.

В работе<sup>/15/</sup> обнаружены новые переходы с энергиями 252,7; 257,0; 349,7 кэВ, обсуждается схема распада <sup>145</sup>Eu  $\rightarrow$  <sup>145</sup>Sm.

С целью получения более полных точных данных о ядре <sup>145</sup>Sm, находящемся в переходной от сферических к деформированным ядрам области ( $A = 140 - 150$ ), была выполнена настоящая работа.

## Экспериментальная часть

### А) Спектр конверсионных электронов

Исследования спектра конверсионных электронов  $^{145}\text{Eu}$  проводились на магнитном  $\beta$ -спектрометре с двукратной фокусировкой на угол  $\pi/2$  <sup>/16/</sup>. Препараты для измерения были приготовлены методом выпаривания на алюминиевой подложке с размерами  $15 \times 0,5 \text{ мм}^2$  и толщиной 5 мк. Препаратом I служила европиевая фракция, выделенная хроматографическим методом из тантала или окиси эрбия, облученных в течение 2-10 часов протонами с энергией 660 Мэв на синхротронном ускорителе ОИЯИ в Дубне.

В спектре конверсионных электронов европиевой фракции были обнаружены конверсионные линии следующих изотопов:

$^{145}\text{Eu}$ ( $T_{1/2} = 6 \text{ дн}$ ),	$^{146}\text{Eu}$ ( $T_{1/2} = 4,6 \text{ дн}$ ),
$^{147}\text{Eu}$ ( $T_{1/2} = 24 \text{ дн}$ ),	$^{148}\text{Eu}$ ( $T_{1/2} = 54 \text{ дн}$ )
$^{149}\text{Eu}$ ( $T_{1/2} = 90 \text{ дн}$ ).	

Присутствие изотопов  $^{145}\text{Eu}$  и  $^{146}\text{Eu}$ , имеющих близкие периоды полураспада, сильно затрудняло идентификацию переходов, принадлежавших  $^{145}\text{Eu}$ . В связи с этим необходимо было изучить спектр одного из этих двух изотопов в чистом виде. С этой целью мы исследовали спектр конверсионных электронов  $^{146}\text{Eu}$  в гадолиниевой фракции (препарат II), перечистленной через 15 дней после облучения. Исследование спектра  $^{146}\text{Eu}$ , накопившегося вследствие распада  $^{146}\text{Gd}$  ( $T_{1/2} = 46 \text{ дн}$ ), начиналось спустя 20 дней после перечистки. В этом препарате изотопы  $^{145}\text{Eu}$ ,  $^{147}\text{Eu}$  и  $^{148}\text{Eu}$  практически отсутствовали.

При использовании препарата (I) была изучена область энергий спектра электронов от 700 до 2450 кэв, а препарата (II) - от 1500 до 2700 кэв. На основании известных данных об изотопах европия и гадолиния и разности масс изобар гадолиния, европия и самария <sup>/11/</sup> можно утверждать, что в спектре гадолиниевой фракции в области энергий выше 1500 кэв мы наблюдаем конверсионные электроны, принадлежащие только  $^{146}\text{Eu}$ . Таким образом, сравнение энергий и интенсивностей линий конверсионных электронов в спектрах европиевой и гадолиниевой фракций позволяет надежно идентифицировать линии по изотопам. При идентификации конверсионных электронов в области энергий 700-1500 кэв использовались данные работы <sup>/17/</sup> о распаде  $^{146}\text{Eu}$ .

Энергия электронов определялась измерением магнитного поля в центре камеры  $\beta$ -спектрометра методом протонного резонанса <sup>/16/</sup>. Зависимость коэффициента  $N_p/f$  от частоты  $f$  определяли экспериментально, используя значения энергий конвер-

сионных электронов  $\text{Th}(B+C+C')$  Основная погрешность в определении значений энергий переходов обусловлена неточностью в определении положения максимума конверсионных линий. Точность определения энергий не хуже 0,08%.

Эnergии линий конверсионных электронов  $^{145}\text{Eu}$  - К 181,32; К 542,53; К 654,06; К 765,03; К 894,32; К 1658,6; К 1997,3 кэв,  $^{146}\text{Eu}$  - К 747,33; К 900,28; К 1058,72; К 1150,33; К 1297,10 и К 1533,5 кэв были измерены с точностью 0,05% на источнике с нанесением европиевой фракции на подложку с  $\text{Th}(B+C+C')$  с привязкой к линиям  $\text{Th}(B+C+C')$  F, I, L, O, P, X <sup>/18,19/</sup>. При определении интенсивностей линий в области энергий ниже 1100 кэв были учтены потери электронов при прохождении первого и второго счетчиков <sup>/18/</sup>. Интенсивности конверсионных электронов определялись по площадям линий.

В таблице 1 приведены наши данные об энергиях и относительных интенсивностях конверсионных электронов и результаты работ <sup>/5,13,15/</sup>. Как видно из этой таблицы, нами обнаружено 30 новых переходов при распаде  $^{145}\text{Eu}$ .

Б) Исследование  $\gamma$ -спектра  $^{145}\text{Eu}$  и  $e-\gamma$  и  $\beta^+-\gamma$  - совпадений  
 $^{145}\text{Eu}$   $^{147}\text{Eu}$

Для исследования спектра  $\gamma$ -лучей источник  $^{145}\text{Eu}$  был приготовлен при разделении тербиевой фракции на масс-сепараторе <sup>/20/</sup>. Изотопы тербия получены хроматографическим методом разделения редких земель, полученных по реакции глубокого расщепления тантала протонами с энергией 860 Мэв на синхротронном ОИЯИ в Дубне. Время облучения тантала составляло 2 часа. Европий-145 накапливался в течение 15 часов как дочерний продукт при  $\alpha$ -распаде  $^{149}\text{Tb}$  ( $T_{1/2}=4,1$  часа). Гамма-спектр  $^{145}\text{Eu}$  измерялся с помощью Ge-полупроводникового детектора (0,7 см<sup>2</sup> x 3,5 мм) с использованием 1024-канального амплитудного анализатора в Институте имени Нильса Бора. Один из спектров показан на рис. 1 и 2. Полуширина  $\gamma$ -линий с энергиями 894 и 1997 кэв составляет  $\approx 5$  и  $\approx 6$  кэв, соответственно.

Для определения интенсивностей  $\gamma$ -лучей  $^{145}\text{Eu}$  использовалась кривая эффективности, экспериментально определенная для германиевого полупроводникового детектора (2,5 см<sup>2</sup> x 3,5 мм) в работе <sup>/21/</sup>, а также измерялся  $\gamma$ -спектр  $^{207}\text{Bi}$  энергии и интенсивности  $\gamma$ -лучей которого хорошо известны. В таблице 2 приведены данные об энергиях и относительные интенсивности  $\gamma$ -лучей при распаде  $^{145}\text{Eu}$ .







Продолжение таблицы I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2192,9±1,8	K	0,29±0,15									
2206,9±1,8	K	0,08±0,08									
2257,7±1,8	K	0,07±0,07									
2276,4±1,8	K	0,16±0,12									
2291,8±1,8	K	0,05±0,05									
2329,0±1,9	K	0,46±0,19									
2340,9±1,9	K	0,69±0,42									
2387,7±1,9	K	0,38±0,17									
2426,2±1,9	K	0,69±0,22									

\*) Линии конверсионных электронов измерялись с целью уточнения энергий.

Таблица № 2

Энергия и относительные интенсивности  $\gamma$ -лучей при распаде  $^{145}\text{Eu}$ 

$E_\gamma, \text{кэВ}$	$I_\gamma$	$E_\gamma, \text{кэВ}$	$I_\gamma$	$E_\gamma, \text{кэВ}$	$I_\gamma$
110	$52,3 \pm 5,0$	753	$5,0 \pm 1,8$	1284	$9,2 \pm 9,0$
192	$9,5 \pm 1,0$	765	$26,7 \pm 3,0$	1380	$< 9,1$
212	$1,2 \pm 0,3$	839	$6,5 \pm 2,5$	1420	$21,4 \pm 7,0$
253	$< 1,8$	850	$< 2,8$	1620	$< 9,8$
261	$1,8 \pm 0,6$	857	$13,3 \pm 4,0$	1658	$216 \pm 20$
338	$2,6 \pm 1,0$	865	$< 3$	1805	$18,2 \pm 3,0$
347	1,5	870	$6,1 \pm 2,4$	1860	$< 4,2$
365	$2,6 \pm 0,8$	880	$2,4 \pm 2,0$	1870	$11,6 \pm 3,0$
373	$< 14$	894	1000	1947	$< 2,8$
511	$60,7 \pm 2,3$	958	$< 3,6$	1960	$< 2,8$
543	$74,5 \pm 7,0$	1035	$4,0 \pm 2,6$	1970	$< 4,7$
656	$242 \pm 20$	1240	$8,7 \pm 4,0$	1997	$92,6 \pm 9,0$

Исследование  $e-\gamma$  и  $\beta^+-\gamma$ -совпадений проводилось на тороидальном шести-зачерном  $\beta$ -спектрометре  $^{222}$  (разрешение  $\approx 1\%$  и светосила  $\approx 10\%$ ) и  $\gamma$ -спектрометре с 512-канальным амплитудным анализатором с кристаллом  $\text{NaJ}(\text{Tl})$  ( $7,6 \times 7,6 \text{ см}^2$ ) с разрешением на линии с энергией 861 кэВ  $^{137}\text{Cs}$   $\approx 8\%$ . Исследовался также спектр конверсионных электронов в области энергий от 80 до 900 кэВ. В этих опытах источник европия был приготовлен в Копенгагене хроматографическим выделением из тербиевых изотопов спустя 6 дней после разделения в Дубне. Источник для измерения был приготовлен методом напыления на алюминиевую подложку. В спектре конверсионных электронов кроме линий  $^{145}\text{Eu}$  наблюдались линии, принадлежавшие европию - 147, по-видимому, обусловленному распадом  $^{147}\text{Tb} \xrightarrow{24 \text{ м}} ^{147}\text{Gd} \xrightarrow{35 \text{ час}} ^{147}\text{Eu}$  а не только  $\alpha$ -распадом  $^{151}\text{Tb} \xrightarrow{\alpha 0,0031\%} ^{147}\text{Eu}$   $^{23}$ . На рис. 3 приведены спектры  $e-\gamma$ -совпадений конверсионных электронов K110 ( $^{145}\text{Eu}$ ), K121 ( $^{147}\text{Eu}$ ) и K197 кэВ ( $^{147}\text{Eu}$ ) с  $\gamma$ -спектром при распаде  $^{145}\text{Eu} + ^{147}\text{Eu}$ . Из рис. 3 видно, что электроны конверсии K110 кэВ совпадают с  $\gamma$ -квантами с энергией 543 и 894 кэВ  $^{145}\text{Eu}$ .

Анализ  $\beta^+-\gamma$ -совпадений с позитронами в области энергий 297-303 кэВ

**Т а б л и ц а 3**  
Сводная таблица коэффициентов внутренней конверсии

$E_{\gamma}$ КэВ	$\alpha_K \cdot 10^3$ эжсп.	Теоретические значения КВК ( $\alpha_K \cdot 10^3$ )					Мульти- полность
		E1	E2	E3	M1	M2	
1	2	3	4	5	6	7	8
110,9	411±61	148	776	3310	1000	8720	M1 <sup>ж)</sup> E2
191,32	201±50	39,8	170	660	234	1320	E2, M1
214,0	37,9±15,5	30,2	120	446	190	832	E1
252,7	>23	20,0	75,8	245	149	513	
257,0	15,1±6,8	19,1	74,1	239	118	484	E1
338,0	~10,3	9,34	32,4	93,3	51,3	193	E1
349,7	~14,5	8,52	28,8	83,1	47,9	174	
364	12,6±7,5	7,77	25,1	74,1	42,7	151	E1 или E2
372	>21,3	7,25	22,9	66	38,9	138	
542,53	2,6±0,2	3,1	8,71	21,8	15,1	46,8	E1
654,06	2,1±0,1	2,1	5,49	13,1	9,55	26,3	E1
753,20	4,2±2,2	1,55	3,98	9,12	6,92	17,8	E2
765,03	10,5±1,9	1,48	3,8	8,51	6,46	17,0	M1 (E3)
839,40	2,5±1,3	1,26	3,16	6,76	5,25	13,5	E2 (E1)
849,08	>7,5	1,23	3,09	6,60	5,13	13,0	
857,18	1,9±0,4	1,19	2,95	6,45	5,01	12,6	E1 (E2)
864,40	>1,5	1,18	2,92	6,31	4,91	12,3	
870,46	1,2±0,8	1,16	2,88	6,24	4,86	12,2	E1
881,33	>50	1,13	2,81	6,08	2,99	11,9	
894,32	2,72 <sup>ж)</sup>	1,10	2,72	5,75	4,52	11,3	E2 <sup>ж)</sup>
956,12	~5,5	0,97	2,34	4,89	3,85	9,44	E3 или M2
1035,2	7,2±5,4	0,83	1,99	3,98	3,16	7,59	M1 или M2
1240,1	~0,26	0,59	1,35	2,69	2,07	4,75	E1
1284,1	>0,1	0,56	1,27	2,48	1,91	4,36	
1385,2	>0,04	0,49	1,10	2,11	1,61	3,63	
1423,9	0,35±0,19	0,47	1,05	1,99	1,51	3,39	E1
1622,4	~0,18	0,38	0,82	1,50	1,11	2,45	E1
1658,6	1,11±0,15	0,37	0,79	1,41	1,05	2,32	M1
1805,1	0,38±0,12	0,32	0,68	1,19	0,87	1,91	E1
1858,3	>0,76	0,31	0,64	1,12	0,82	1,78	M1
1876,6	2,0±0,8	0,31	0,63	1,10	0,79	1,74	M2 или E3
1946,9	>0,21	0,29	0,60	1,06	0,74	1,58	E1
1963,0	~0,17	0,28	0,59	1,01	0,72	1,57	E1
1972,0	~0,21	0,28	0,58	1,00	0,72	1,55	E1
1997,2	1,33±0,22	0,28	0,58	0,99	0,71	1,51	M1 (M2)

ж) Мультиполность перехода с энергией 110,9 определена по отношению  $K:L$  и  $K:L_{\alpha}:L_{\beta}$  в работе /15/.

ж)  $\gamma$ -переход с энергией 894,32 принят как чистый E2 /5/.

показал, что наши результаты подтверждают данные работы /12/, позитроны с энергией  $800 \pm 40$  кэв при распаде  $^{145}\text{Eu}$  идут на возбужденный уровень с энергией 894 кэв ( $3/2^-$ )  $^{145}\text{Sm}$ , а позитроны при распаде  $^{147}\text{Eu}$  совпадают с  $\gamma$ -квантами с энергией 120 и 200 кэв, что подтверждает результаты работы /24/. С другой стороны, из спектров  $e-\gamma$ -совпадений при распаде  $^{147}\text{Eu}$  с конверсионными электронами К 121 и К 197 кэв следует, что  $\gamma$ -переходы с энергией 676, 932 и 957 кэв идут на уровень 121 кэв ( $5/2^-$ ), а  $\gamma$ -переходы с энергией 602, 856, 881, 1199 и 1256 кэв идут на уровень 197 кэв ( $3/2^-$ )  $^{147}\text{Sm}$ . Нами вычислены экспериментальные коэффициенты внутренней конверсии. При проведении этих расчетов принималось, что  $\gamma$ -переход с энергией 894,32 кэв является чистым  $E2$  переходом /5/. В таблице 3 проведено сравнение экспериментальных значений коэффициентов внутренней конверсии с теоретическими и сделаны предположения о мультипольности  $\gamma$ -переходов в ядре  $^{145}\text{Sm}$ .

На основании энергетического баланса, баланса интенсивности анализа  $\gamma$ -спектра, спектров  $e-\gamma$ ,  $\beta^+-\gamma$ -совпадений, а также анализа  $\gamma-\gamma$ -совпадений /7,14/ предлагается схема распада  $^{145}\text{Eu} \rightarrow ^{145}\text{Sm}$ . Из схемы распада следует, что переход с энергией 894 кэв составляет  $\approx 70\%$  на распад. Из  $\gamma$ -спектра нами оценена доля позитронов на распад, равная 2,2%. Зная долю позитронов, идущих на первый возбужденный уровень и в основное состояние  $^{145}\text{Sm}$  /12/ как 25% и 75%, соответственно, мы оценили отношение  $K/\beta^+$  на уровень с энергией 894 кэв, равным 80. Из отношения  $K/\beta^+ = 3,5$  /27/ следует, что доля электронного захвата в основное состояние  $^{145}\text{Sm}$  составляет 5,8% на распад.

В таблице 4 приведены данные о заселенности уровней  $^{145}\text{Sm}$  и значения  $\log ft$ .

Т а б л и ц а 4

Энергия уровня (кэв)	0	894	1005,2	1548,4	1622,4	1658,6	1805,1
% $\beta^+$	5,8	44,0	<1,8	22	<0,36	17,0	<0,66
% $\beta^+$	1,65	0,55	-	-	-	-	-
$\log ft$	8,7	7,3	>8,7	7,3	>8,9	7,2	>8,6

Энергия уровня (кэв)	1858,3	1876,6	1946,9	1963,0	1972,0	1997,2
2% $\beta^+$	<0,3	1,4	<0,14	<0,27	<0,37	7,6
3% $\beta^+$	-	-	-	-	-	-
4 $\log ft$	>8,9	>8,3	>9,2	>9,2	>8,7	7,4

### Обсуждение

Предложенные варианты схемы распада  $^{145}\text{Eu} \rightarrow ^{145}\text{Sm}$  в ранее выполненных работах не дают однозначного размещения некоторых переходов, в том числе интенсивных с энергиями 110, 191 и 543 кэв. В одной из работ<sup>/14/</sup> при исследовании  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений и угловых корреляций в  $^{145}\text{Eu}$  было сделано утверждение, что переход 110 кэв размещен в каскаде 110-543-894 кэв, а не в каскаде 543-110-894 кэв.

На основании  $e$ - $\gamma$ -совпадений (рис. 3) и  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений<sup>/28/</sup> следует рассматривать оба варианта каскадов, однако из баланса интенсивностей предпочтительнее ввести уровень с энергией 1005,2 кэв и рассматривать вариант каскада 543-110-894 кэв.

Из анализа  $\beta^+$ - $\gamma$ -совпадений трудно было оценить совпадение позитронов с  $\gamma$ -квантами 110 кэв. Причиной этому явилось то, что в источнике  $^{145}\text{Eu}$ , выделенном из тербиевой фракции, при изучении спектра конверсионных электронов в области малых энергий нами были обнаружены интенсивные линии К 121, К 197, К 601, К 676 и К 800 кэв, принадлежащие  $^{147}\text{Eu}$ .

Примесь  $^{147}\text{Eu}$  в источнике  $^{145}\text{Eu}$ , полученного в результате  $\alpha$ -распада  $^{149}\text{Tb}$  в тербиевой фракции, обусловлена, по-видимому, цепочкой  $^{147}\text{Tb} \xrightarrow{24 \text{ мин}} ^{147}\text{Gd} \xrightarrow{35 \text{ час}} ^{147}\text{Eu}$ , а не только распадом  $^{151}\text{Tb} \xrightarrow{\alpha, 0,003\%} ^{147}\text{Eu}$ <sup>/23/</sup>.

В нашем источнике отношение интенсивностей линий конверсионных электронов К 121 ( $^{147}\text{Eu}$ ) и К 110 ( $^{145}\text{Eu}$ ) было равно 4:1 соответственно.

На основании экспериментально определенной разности масс  $^{145}\text{Eu} \rightarrow ^{145}\text{Sm}$  ( $2760 \pm 40$  кэв) и надежно определенного первого возбужденного уровня с энергией 894 кэв  $^{145}\text{Sm}$  следует, что все наблюдаемые переходы с энергией больше 1870 кэв являются прямыми переходами в основное состояние  $^{145}\text{Sm}$  и, следовательно, каждый из них определяет положение уровня.

Схема распада предлагается также на основании сумм и разностей энергий переходов. В случае неоднозначного размещения переходов предпочтение отдавалось положению перехода, полученному из суммы, в которой одно из слагаемых являлось прямым переходом в основное состояние  $^{145}\text{Sm}$ . При этом принималось, что уровни с энергиями 894; 1548,4; 1658,6 и 1997,2 надежно установлены ранее. Существование этих уровней подтверждается нашими данными, кроме этого нами введены следующие уровни с энергиями 1005,2; 1622,4; 1805,1; 1858,3; 1876,6; 1946,9; 1963,0; 1972,0; 2111,1; 2134,1; 2192,9; 2206,9; 2257,7; 2276,4; 2291,8; 2329,0; 2340,9; 2387,7 и 2426,2 кэв.

Исходя из модели ядерных оболочек схемы Майер, основному состоянию ядра  $^{145}\text{Sm}$ , содержащего один нейтрон сверхзаполненной оболочки ( $N=82$ ), следует

приписать квантовые характеристики  $h$   $9/2$  или  $f$   $7/2$ . С другой стороны, у соседних ядер  $^{143}_{60}\text{Nd}$ ,  $^{141}_{58}\text{Ce}$  и  $^{147}_{149}\text{Sm}$  спины основных состояний определены экспериментально  $/25/$  и равны  $7/2^-$ . Поэтому основному состоянию  $^{145}\text{Sm}$  предпочтительнее приписать квантовые характеристики  $f$   $7/2$ . По модели оболочек схемы Майер основному состоянию  $^{145}\text{Eu}$  ( $Z=63$ ) следует приписать квантовые характеристики  $d$   $5/2$ .

На основании наших экспериментальных данных и работ  $/7,14/$  уровни с энергиями 894 и 1584,4 кэВ имеют квантовые характеристики  $3/2^-$  и  $3/2^+$ , соответственно.

Экспериментально полученные коэффициенты внутренней конверсии  $\gamma$ -переходов и значения  $\log ft$  позволяют также приписать уровням с энергиями 1005,2; 1622,4; 1658,6; 1805,1; 1858,3; 1876,6; 1997,2 кэВ квантовые характеристики  $1/2^-$ ,  $9/2^+$ ,  $5/2^-$ ,  $(5/2^-)$ ,  $(9/2^-)$ ,  $(1/2^+)$  и  $7/2^-$ , соответственно.

Как видно из таблицы 4, наблюдается большое значение  $\log ft$  для основного состояния  $^{145}\text{Sm}$ , равное 8,7 для однократно запрещенного перехода. Однако на опыте  $/26/$  для ядра  $^{145}\text{Pm}$ , находящегося в передней области от сферических к деформированным ядрам, наблюдалось также большое значение  $\log ft$ , равное 8,8 для основного состояния.

В заключение авторы выражают благодарность К.Я.Громову за ценные замечания и дискуссию, Н.А.Лебедеву за приготовление источников и А.Липтак за участие в обработке результатов.

#### Л и т е р а т у р а

1. P.W.Hoff, Rasmussen I.O., S.G.Thompson, Phys. Rev., 83, 1068 (1951).
2. Г.М.Городинский, А.Н.Мурин, В.Н.Покровский, Б.К.Преображенский, Н.Е.Титов. ДАН СССР, 112, 405 (1957).
3. I.R.Grover, Phys. Rev., 116, 406 (1959).
4. А.А.Башилов, О.В.Ларионов, М.К.Никитин, В.Б.Смирнов. Изв. АН СССР (сер.физ) 24, 788 (1960).
5. Н.М.Антонова, А.А.Башилов, Б.С.Джелепов, К.Г.Каун, А.Ф.Майер, В.Б.Смирнов. ЖЭТФ 40, 23 (1961).
6. Ю.А.Александров, М.К.Никитин. Изв. АН СССР (сер. физ.) 25, 1176 (1961).
7. Ю.А.Александров, Б.Бёмер. Изв. АН СССР (сер. физ.) 26, 1159 (1962).
8. A.M.Friedman, I.Milsted, O.Skilbreid. Phys. Rev., 129, 1752 (1963).
9. Б.С.Джелепов, Ж.Т.Желев, А.В.Кудрявцева, О.Ларионов, М.Никитин, Р.Степич. Препринт ОИЯИ 587, Дубна 1960.

10. Б.С.Джелепов, Ж.Т.Желев, А.В.Кудрявцева. Программа и тезисы докладов X ежегодного совещания по ядерной спектроскопии в Москве 1960 г.
11. Б.С.Джелепов, Л.К.Пекер, В.О.Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер. М-Л (1963).
12. К.Я.Громов, Ж.Желев, В.В.Кузнецов, Ма Хо Ик, Г.Музиоль, Хань Шу-жунь. Программа и тезисы докладов ХУ ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Минск 1965 г. М-Л (1965).
13. Ж.Т.Желев. Диссертация ОИЯИ, Дубна 1964.
14. И.Деметер, Ф.Молнар, Е.Наджаков, А.Новгородов. Препринт ОИЯИ Р-2052, Дубна 1965 .
15. М.П.Авотина, Е.П.Григорьев, Ж.Т.Желев, А.В.Золотавин, В.О.Сергеев. Препринт ОИЯИ 2272, Дубна 1965.
16. И.Адам, К.Я.Громов, Ю.Н.Денисов, М.Я.Кузнецова, Лу Си-тин, В.Г.Чумин, М.Фингер. Препринт ОИЯИ Е-2494, Дубна 1965.
17. В.А.Балалаев, Б.С.Джелепов, А.Мештер, С.А.Шестопалова. Программа и тезисы докладов ХУ ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра в Минске, 1965 . М-Л (1965).
18. R.L.Graham, G.Murray, I.S.Geiger. *Canadian Journal of Phys.*, 43, no.2 (1965).
19. Jungerman L.A., M.E.Gardner, C.G.Patten, N.F.Peek. *Nuclear Instruments and Meth.*, 15, no. 1 (1962).
20. K.O.Nielsen, O.Skilbreid. *Nucl. Instr.*, 2, 15 (1958).
21. G.T.Ewan, A.I.Tavendale. *Canadian Journal of Phys.*, 42, 2286 (1964).
22. O.B.Nilsen, O.Kofoed-Hansen. *Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk.*, 29, 6 (1955).
23. К.Я.Громов, И.Махунка, М.Махунка, Г.Фенеш. Препринт ОИЯИ, Р-1687, Дубна 1964.
24. К.Я.Громов, Ж.Желев, Куи Сян-цзин, Г.Музиоль, Хань Шу-жунь. Препринт ОИЯИ, Р-2166, Дубна 1965.
25. R.W.Kedsie, M.Abraham, C.D.Jeffries. *Phys. Rev.*, 108, 54 (1957).
26. A.R.Brosi, V.A.Ketelle, H.C.Thomas, Kerr. *Phys. Rev.*, 113, 239 (1959).
27. А.Х.Ванстра, Г.И.Них, Р.Ван Лишут. Таблицы по ядерной спектроскопии, Москва, 1960.
28. Ю.А.Александров. Диссертация, Ленинград 1962.

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 февраля 1966 г.

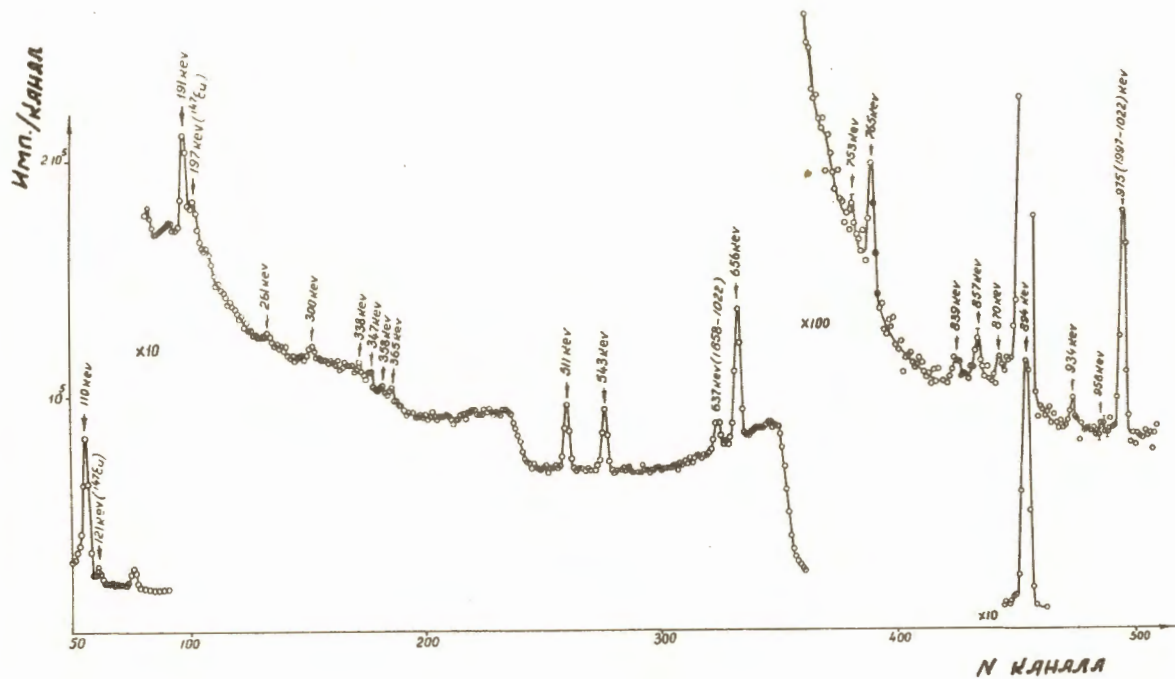


Рис. 1. Гамма-спектр  $^{145}\text{Eu}$ , измеренный на полупроводниковом германиевом детекторе (0,7 см<sup>2</sup> x 0,35 см).



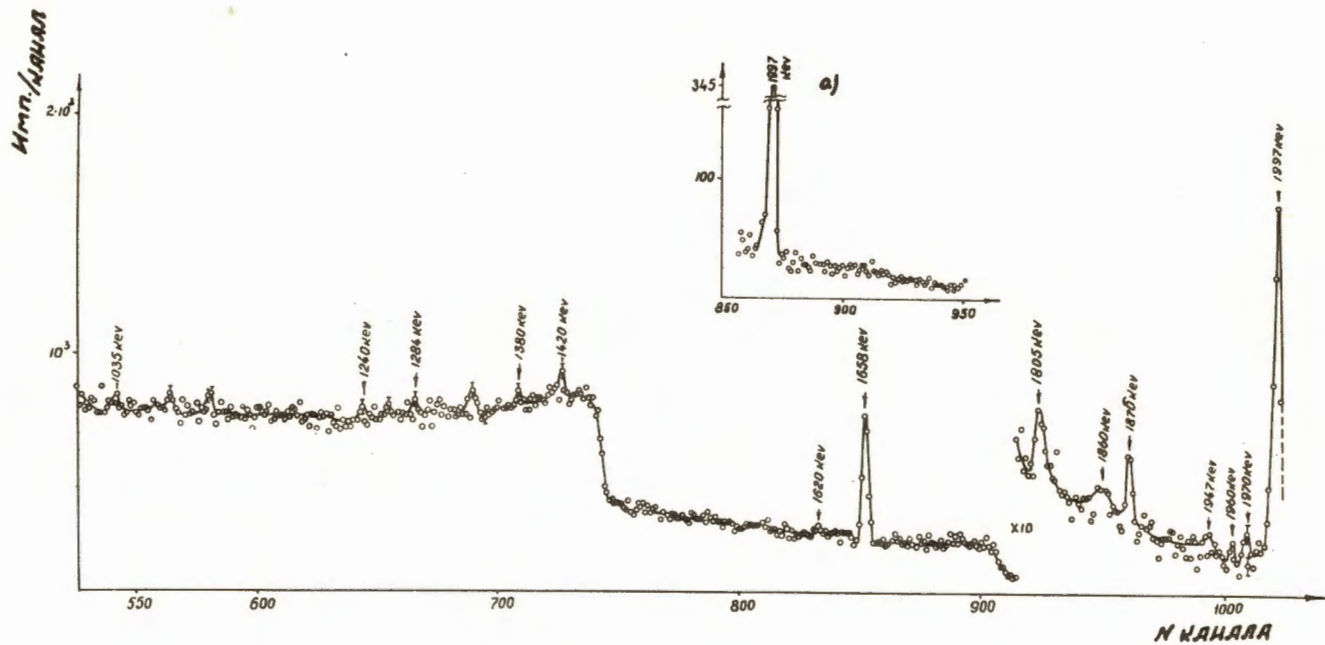


Рис. 2. Гамма-спектр  $^{145}\text{Eu}$ , измеренный на полупроводниковом германиевом детекторе ( $0,7 \text{ см}^2 \times 0,35 \text{ см}$ ).

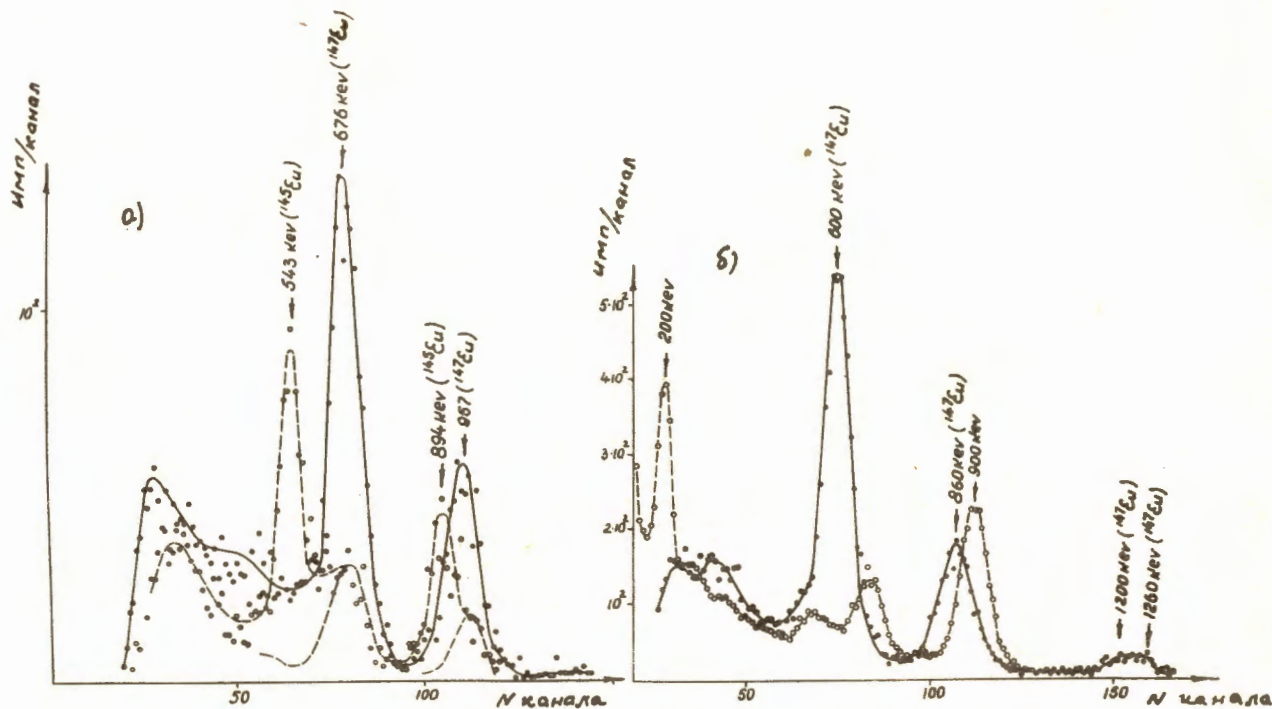


Рис. 3. Спектр  $e-\gamma$ -совпадений:

а) спектр совпадений с К 110 кэВ  $^{145}\text{Eu}$  показан пунктирной линией, а совпадения с К 121 кэВ  $^{147}\text{Eu}$  - сплошной.

б) совпадения с К 187 кэВ  $^{147}\text{Eu}$  - сплошной линией, а одиночный спектр  $^{145}\text{Eu} + ^{147}\text{Eu}$  показан пунктирной линией.

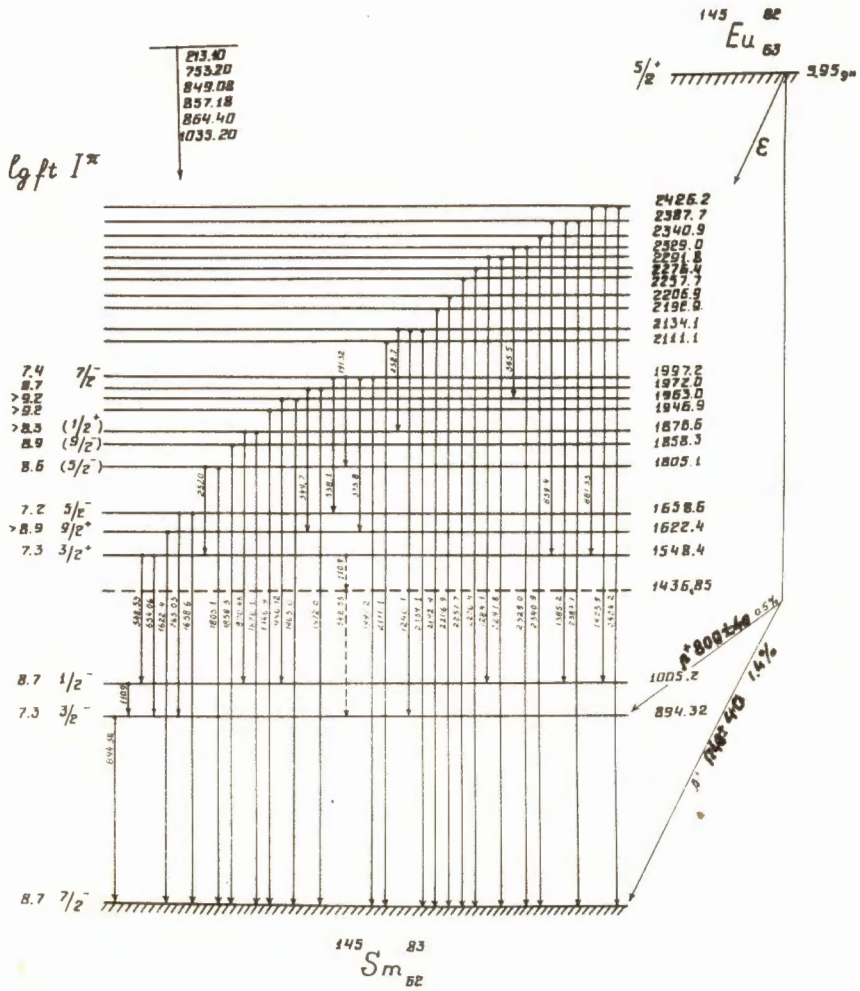


Рис. 4. Схема распада  $145 \begin{matrix} 82 \\ Eu \\ 63 \end{matrix} \rightarrow 145 \begin{matrix} 83 \\ S_m \\ 62 \end{matrix}$ .