

С 341.16

20/11-66

И-889

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P6 - 2986



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

ИССЛЕДОВАНИЕ γ -СПЕКТРОВ ^{75}Se , ^{106}Rh ,
 $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{140}Ba , ^{140}La И ^{154}Eu

1966

P6 - 2986

ИССЛЕДОВАНИЕ γ -СПЕКТРОВ ^{76}Se , ^{106}Rh ,
 $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{140}Ba , ^{140}La И ^{154}Eu

dm-1/ES94



О г л а в л е н и е

Интенсивности γ -лучей ^{75}Se	-	3
Спектр γ -лучей ^{154}Eu	-	14
γ -спектр ^{124}Sb	-	24
Распад ^{106}Rh	-	38
γ -спектры ^{125}Sb , ^{140}Ba , ^{140}La	-	40
γ -излучение $^{110\text{m}}\text{Ag}$	-	61

Рукопись поступила в издательский отдел
17 октября 1968 г.

ИНТЕНСИВНОСТИ γ -ЛУЧЕЙ ^{75}Se

Я. Врзал, Е.П. Григорьев, А.В. Золотавин, Я. Липтак, Я. Урбанек
Ленинградский государственный университет
Объединенный институт ядерных исследований

Измерения и результаты

Нами был исследован спектр γ -лучей, сопровождающих распад ^{75}Se ($T_{1/2} = 120,8$ дня). Измерения производились с помощью Ge(Li) детектора с чувствительным объемом 5 см^3 , полученного из чехословацкого Института физики твердого тела. Разрешающая способность спектрометра составляла 4,5–5,0 кэВ. Регистрация спектра производилась на 2048-канальном анализаторе.

Радиоактивный источник ^{75}Se был получен облучением в реакторе препарата селена, обогащенного изотопом ^{74}Se до 36%. После облучения препарат был выдержан 1,5 года.

Результаты измерений приведены на рис. 1 и в табл. 1 вместе с усредненными величинами энергий переходов и относительных интенсивностей по данным других исследователей. Кроме известных переходов, мы наблюдали слабую γ -линию 378±2 кэВ. В наших измерениях не проявился γ -переход 468,9 кэВ, интенсивность которого, по данным работы /5/, равна $0,11 \pm 0,07$ (в единицах табл. 1). По нашим измерениям, верхний предел интенсивности этого перехода по крайней мере в 5 раз меньше, чем в /5/. По-видимому, в /5/ проявился γ -переход другого происхождения. Заметим, что переход такой энергии в распаде ^{75}Se может присутствовать, так как он проявился в опытах по кулоновскому возбуждению ^{75}As /1/ и в распаде $^{75}\text{Ce} \rightarrow ^{75}\text{As}$ /1/. Авторы работы /6/ видели γ -переход 77 кэВ с интенсивностью $0,3 \pm 0,1$. Мы не обнаружили этого перехода и определили верхний предел его интенсивности равным 0,15. Поэтому следует считать, что переход 77 кэВ, проявившийся в /6/ и более ранних работах, не принадлежит распаду ^{75}Se .

Переходы 24,4 и 80,75 кэВ наблюдались только по электронам внутренней кошерсии. Авторы /7/ указывают на присутствие малоинтенсивного перехода 173 кэВ, не подтвержденного как в более поздних работах /2/, так и в настоящей.

В кулоновском возбуждении /1/ проявился уровень 821 кэВ. При распаде ^{75}Se не было обнаружено никаких γ -лучей, соответствующих разрядке этого уровня.

Обсуждение схемы распада

Схема распада ^{75}Se в основном установлена и приведена на рис. 2. Она составлена по результатам большого числа работ по измерению энергий и интенсивностей γ -лучей и линий внутренней конверсии, γ - γ и e - e совпадений, угловой корреляции γ -лучей, измерения времени жизни возбужденных состояний ^{75}As , порога реакции $^{75}\text{As}(\rho, \alpha)^{75}\text{Se}$, кулоновского возбуждения ^{75}As и других.

Полученные нами данные позволяют дополнить ее переходом 373 кэВ между уровнями 572,2(5/2⁻) и 198,6(1/2⁻). Переход 572,2 в основном типа E2: $\delta^2 = 5,8 \pm 4,8^{/7/}$. Переход 373 кэВ также можно считать чистым E2 (5/2⁻ 1/2⁻). Отношение приведенных вероятностей этих E2-переходов получается равным: $V(E2\ 373)/V(E2\ 572) = 4,2 \pm 3,2$. По одночастичной модели величина этого отношения равна 3,5.

Величины lgf_i для β -переходов на уровни 284,58 кэВ, 3/2⁻, и 279,49 кэВ, 5/2⁻, довольно велики: 7,9. Можно предположить, что lgf_i для β -распада на основное состояние ^{75}As , 3/2⁻, близко к этому значению, и тогда интенсивность этого перехода будет близка к 5%.

Интенсивность β -перехода на основное состояние можно оценить, зная интенсивность K-X-лучей, γ -лучей и конверсионных электронов. Для принятой схемы распада такой подсчет приводит к верхнему пределу 8%.

В таблице 2 даны интенсивности переходов в процентах на распад. Величины I_γ для переходов 24,4 кэВ (M2) и 80,75 кэВ (E2) определены из интенсивностей линий внутренней конверсии $^{/6,1/}$ и КВК-переходов. Вычисленной величине $I_\gamma = 0,028 \pm 0,007$ для перехода 80,75 кэВ противоречит оценка $I_\gamma < 0,006$, полученная в $^{/4/}$ из измерений совпадений γ -лучей 121-81 и 81-199 кэВ. Однако эта оценка отличается в три раза от числа, приведенного в таблице 2.

Данные таблицы 2 позволяют подсчитать вероятности заселения уровней ^{75}As в результате электронного захвата в ^{75}Se . Эти числа и соответствующие им величины lgf_i указаны на схеме распада.

Используя данные об интенсивностях γ -переходов, временах жизни уровней и параметрах смеси δ^2 $^{/1/}$, можно подсчитать приведенные вероятности γ -переходов. Результаты таких подсчетов даются в таблице 3 вместе с усредненными нами величинами $V(E2)$, полученными из опытов по кулоновскому возбуждению ^{75}As $^{/1,3/}$.

Сравнение этих величин с одночастичными значениями (по Мошковскому) позволяет указать факторы ускорения или замедления переходов. Переходы типа E2: 96, 74; 198,60; 279,49; 572,2 и 821,4 кэВ ускорены в 10-100 раз. Величина ускорения E2-переходов может быть вызвана влиянием коллективного движения.

Переходы типа C1 замедлены в 10-200 раз, что соответствует данным по другим ядрам. Переходы типа E1 сильно заторможены, особенно 400,52 кэВ: $F_{\text{зам.}} = 9 \cdot 10^5$. Спектр уровней ^{75}As богаче, чем могут объяснить существующие модели. Это свидетельствует о сложных связях между движением отдельных частей и коллективными возбуждениями в таких ядрах $^{/8/}$. Представляло бы интерес провести теоретическое исследование свойств состояний ^{75}As . Для сравнения с таким исследованием имеется достаточно полный набор экспериментальных данных.

Л и т е р а т у р а

1. Б.С. Джелепов, Л.К. Пехер. Схемы распада радиоактивных ядер. А < 100, Изд. АН СССР, М-Л, 1986.
2. R.V. Rao, D.K. McDaniel, B. Craseman. BAPS, 10, 714 (1965).
3. R.L. Robinson, P.H. Stelson, F.K. McGowan, W.T. Niler. Nucl. Phys., 74, 281 (1965).
4. J. Nagvi, A.J. Dilay. Nucl. Phys., 71, 665 (1966).
5. Н.А. Воинова, Б.С. Джелепов, Н.Н. Жуковский. Изв. АН СССР, сер. физ., 29, 159 (1959).
6. Е.П. Григорьев, А.В. Золотавин, В.Н. Клементьев, Р.В. Свищев. Nucl. Phys., 14, 443 (1960).
7. C.L. Peacock, M. Goodrich. BAPS, 2, 448 (1960).
8. O. Natan, S.G. Nilsson. α, β, γ - Ray Spectroscopy, vol. 1, chapt 10. Ed. K. Siegbahn. Amsterdam, 1965.

Таблица 1

Энергия и интенсивности γ -переходов, сопровождающих распад ^{78}Se

Энергии переходов E_γ (кэВ)		Относительные интенсивности γ -переходов			
Наши данные	Усредненные значения по другим работам	Ссылки	Наши данные	Усредненные данные по другим работам	Ссылки
-	24.40±0.05 ^{*)}	I	-	< 0.3	I
66	66.05±0.01	I	1.7±0.1	1.58±0.14	I,2
-	80.75±0.10 ^{*)}	I	< 0.15	< 0.01 ^{***)}	4
-	77.0±0.5	I	< 0.15	0.3±0.1	I
97	96.74±0.01	I	5.7±0.2	5.5±0.2	I,2
121	121.10±0.01	I	26.5±1.0	27.9±0.4	I,2
136	135.96±0.06	I	91.8±2.0	95.2±1.2	I,2
199	198.60±0.06	I	2.6±0.2	2.4±0.1	I,2
265	264.58±0.06	I	100	100	I,2
280	279.49±0.07	I	43.7±2.0	42.4±0.5	I,2
304	303.77±0.12	I	2.25±0.1	2.28±0.09	I,2
373±2	-	-	0.03±0.02	-	-
401	400.52±0.14	I	18.6±1.0	20.9±0.5	I,2
-	419.6±0.5	2	-	0.024±0.004	I,2
-	468.9±0.7 ^{***)}	3	< 0.008	0.11±0.07	5
573±1	572.2±0.3	2,3	0.07	0.067±0.004	I,2,5
618±1	617.4±0.4	2,3	0.010	0.009±0.001	2
600 }					
800 }			< 0.008		
821			< 0.0008		

*) Наблюдено по линиям внутренней конверсии.

**) В работе /4/ приводится оценка $I_\gamma < 0.01$ или $< 0.006\%$, полученная из верхнего предела возможных γ - γ совпадений 121-81 и 81-199 кэВ.

***) Получено в опытах по кулоновскому возбуждению.

Таблица 2

Интенсивности γ -переходов в распаде ^{78}Se в процентах к числу распадов (в предположении, что электронный захват на основное состояние ^{78}As не происходит)

Переход (кэВ)	I_γ	$I_{\kappa+L+M}$	$I_{\gamma+\kappa+L+M}$
K-X-лучи	48±7	-	-
Электроны	-	55±20	-
0жв	-	-	-
24.4	(0.03±0.01) ^{*)}	6.0±0.7	6.0±0.7
66.05	0.93±0.09	0.34±0.01	1.27±0.10
80.75	(0.026±0.007) ^{*)}	0.039±0.002	0.065±0.009
96.74	3.25±0.12	3.30±0.18	6.6±0.3
121.10	16.5±0.2	0.73±0.06	17.2±0.3
135.96	56.2±0.7	1.69±0.05	57.9±0.7
198.60	1.42±0.06	0.029±0.002	1.45±0.06
264.58	59.0±0.6	0.42±0.02	59.4±0.6
279.49	25.1±0.3	0.24±0.01	25.3±0.3
303.77	1.35±0.05	0.069±0.003	1.42±0.05
373	0.018±0.012	-	0.018±0.012
400.52	12.4±0.3	0.015±0.001	12.4±0.3
419.6	0.014±0.002	-	0.014±0.002
468.9	< 0.0046	-	< 0.0046
572.2	0.040±0.02	~2.10 ⁻⁴	0.040±0.002
617.4	0.0053±0.0004	-	0.0053±0.0004

*) Получено из интенсивностей линий внутренней конверсии в предположении, что переход 24,4 кэВ типа M2; 80,75 кэВ - E2.

Т а б л и ц а 3
Приведенные вероятности γ -переходов в $^{78}\text{As} - \text{B}(\sigma, L)$ по данным о временах жизни уровней (см. схему распада) и из кулоновского возбуждения

Переход (кэВ)	Мультипольность	В(σ, L) [e^2 барн.]		Фактор ускорения		Фактор замедления	
		Из измерений $T_{1/2}$ уровней	Из кулоновского возбуждения	Из измерен. $T_{1/2}$ уровн.	Из кулоновского возб.	Из измерен. $T_{1/2}$ уровн.	Из кулонов. возб.
1	2	3	4	5	6	7	8
24,4	M2	$(1,6 \pm 0,5) \cdot 10^{-6}$				107 ± 31	
66,0	E2 $\delta^2 \leq 0,02$ M1	0,63 $(2,1 \pm 0,4) \cdot 10^{-5}$		< 330		9	
80,75	E2	$4,3 \cdot 10^{-2}$		< 24			
96,74	E2	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^{-1}$		28 ± 6			
121,10	E1	$(2,3 \pm 0,4) \cdot 10^{-7}$				$(1,4 \pm 0,3) \cdot 10^3$	
135,96	E1	$(5,6 \pm 1,1) \cdot 10^{-7}$				$(7,7 \pm 1,4) \cdot 10^3$	
198,60	E2 $\delta^2 = 0,11 \pm$ M1 $\pm 0,09$	$(1,8 \pm 1,7) \cdot 10^{-2}$ $(5,5 \pm 3,1) \cdot 10^{-7}$	$(3,4 \pm 0,4) \cdot 10^{-2}$ $(0,92 \pm 0,83) \cdot 10^{-5\text{xx}}$	5 ± 4	9 ± 1	670 ± 375	40 ± 38
264,58	E2 $\delta^2 = -0,06 \pm$ M1 $\pm 0,04$	$(1,4 \pm 1,2) \cdot 10^{-2}$ $(2,0 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}$	$(0,56 \pm 0,07) \cdot 10^{-2}$ $(1,4 \pm 1,3) \cdot 10^{-6\text{xx}}$	7 ± 5	3 ± 1	31 ± 3	435 ± 389
279,49	E2 $\delta^2 = -0,45 \pm$ M1 $\pm 0,06$	$(3,0 \pm 1,5) \cdot 10^{-2}$ $(7,7 \pm 2,6) \cdot 10^{-7}$	$(3,2 \pm 0,4) \cdot 10^{-2}$ $(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^{-6\text{xx}}$	55 ± 28	59 ± 7	285 ± 95	204 ± 38

Приведенные вероятности γ -переходов в $^{78}\text{As} - \text{B}(\sigma, L)$ по данным о временах жизни уровней (см. схему распада) и из кулоновского возбуждения

1	2	3	4	5	6	7	8
303,77	E3	$(5,6 \pm 0,7) \cdot 10^{-5}$				8 ± 1	
400,52	E1	$(4,8 \pm 1,0) \cdot 10^{-9}$				$(9 \pm 2) \cdot 10^5$	
468,9 ^x	E2		$(0,70 \pm 0,06) \cdot 10^{-2}$		$2,0 \pm 0,2$		
572,2	E2 $\delta^2 = 2,4 \pm$ M1 $\pm 1,0$		$(7,0 \pm 2,6) \cdot 10^{-2}$ $(3,6 \pm 2,6) \cdot 10^{-7\text{xx}}$		128 ± 47		28 ± 20 ⁷⁰
617,4	E2		$(0,95 \pm 0,34) \cdot 10^{-2}$		$2,5 \pm 1,0$		
821,4 ^x	E2		$(3,6 \pm 0,6) \cdot 10^{-2}$		$15,0 \pm 2,5$		

*/ Этот переход наблюдается только в кулоновском возбуждении.

**/ Вычислены из В(E2)_{эксп.} и δ^2 .

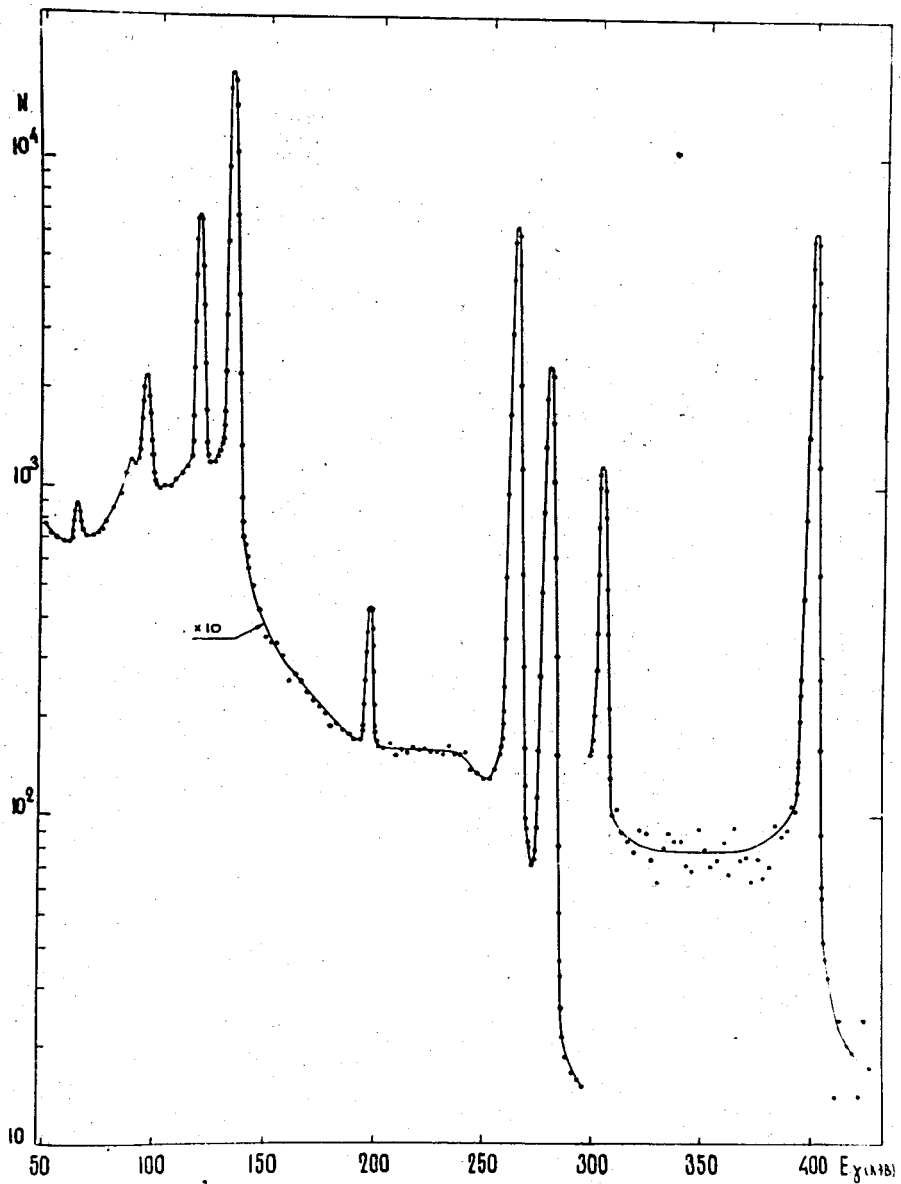


Рис. 1а Спектр γ -лучей ^{76}Se (Ge(Li) детектор). Показаны линии, отвечающие γ -переходам с энергиями 66, 97, 121, 136, 199, 265, 279, 304 и 401 кэв. Со стороны меньших энергий от пика 97 кэв расположены пики обратного рассеяния от γ -лучей 121 и 136 кэв. Их энергии - 82,2 и 88,8 кэв.

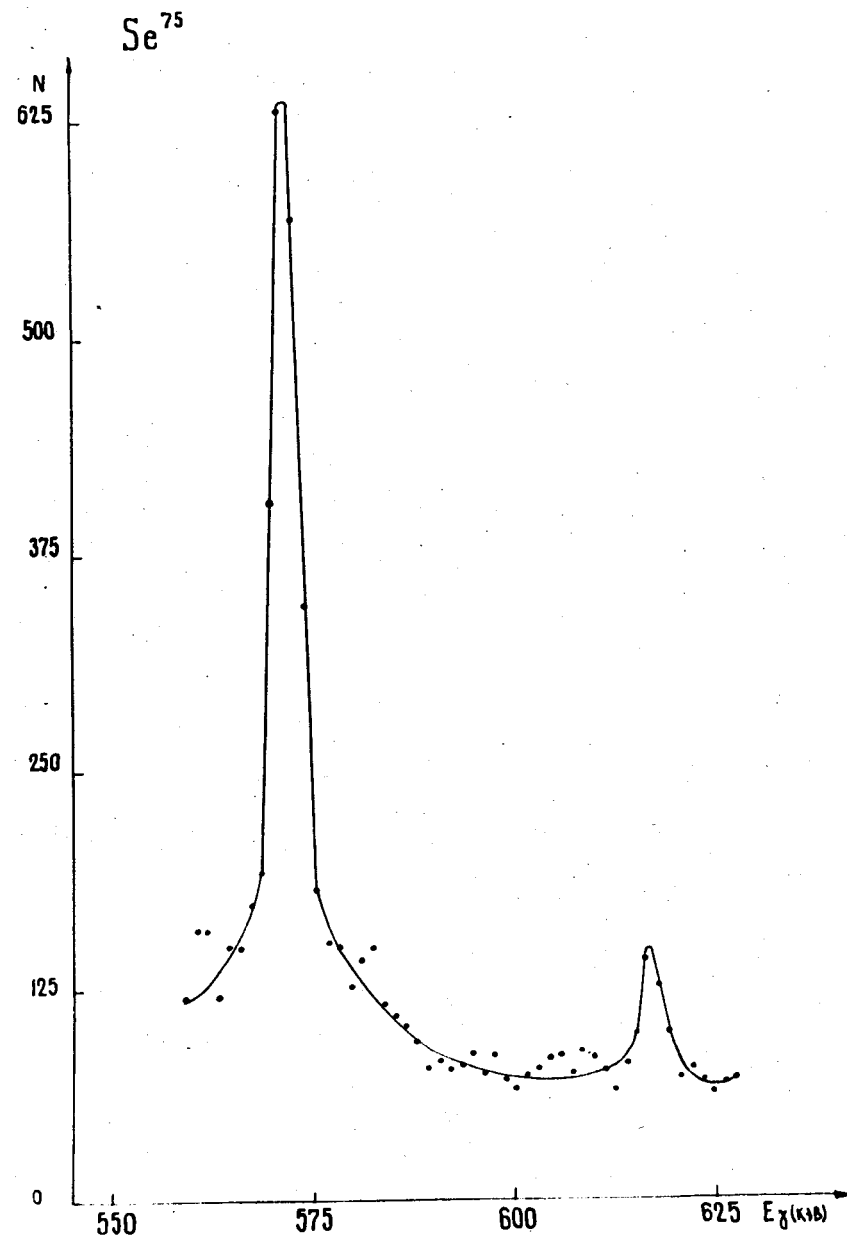


Рис. 1б. Пики от γ -лучей 572 и 618 кэв.

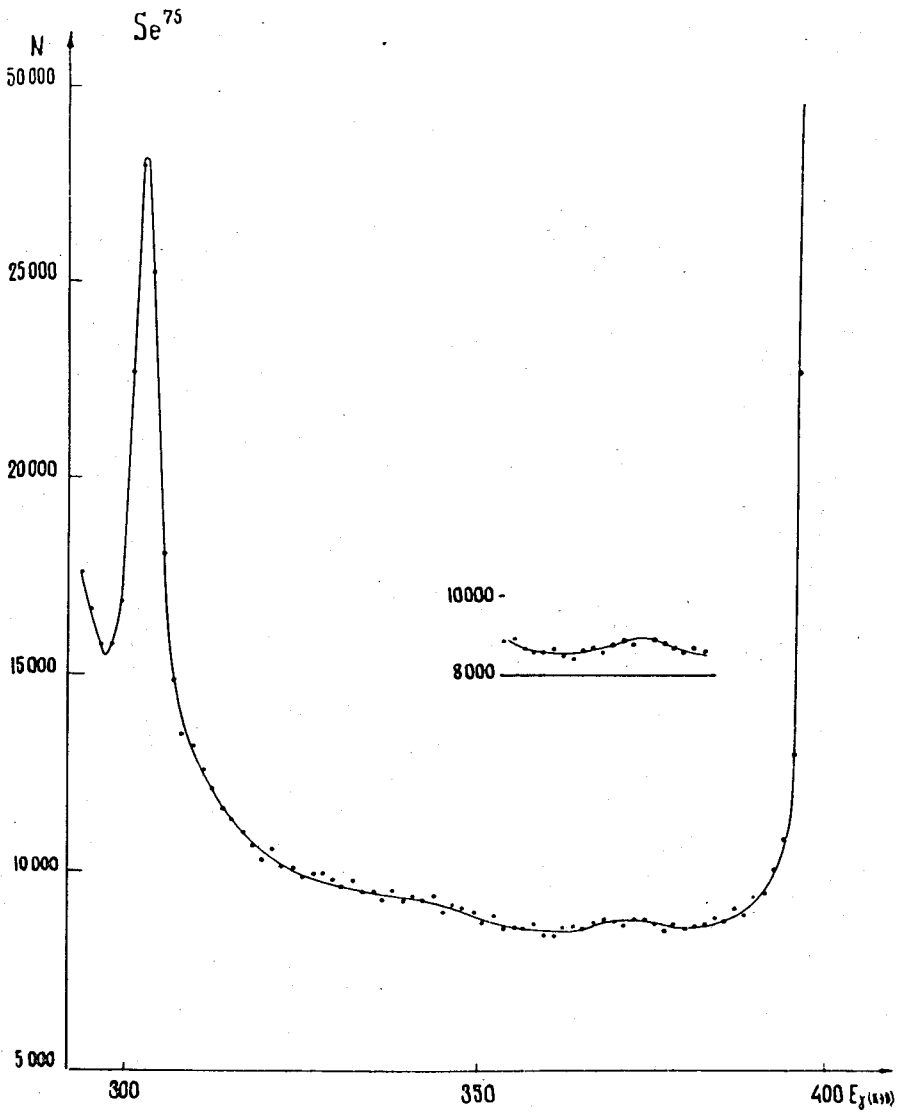


Рис. 1в. Пик от γ -лучей 373 кэВ.

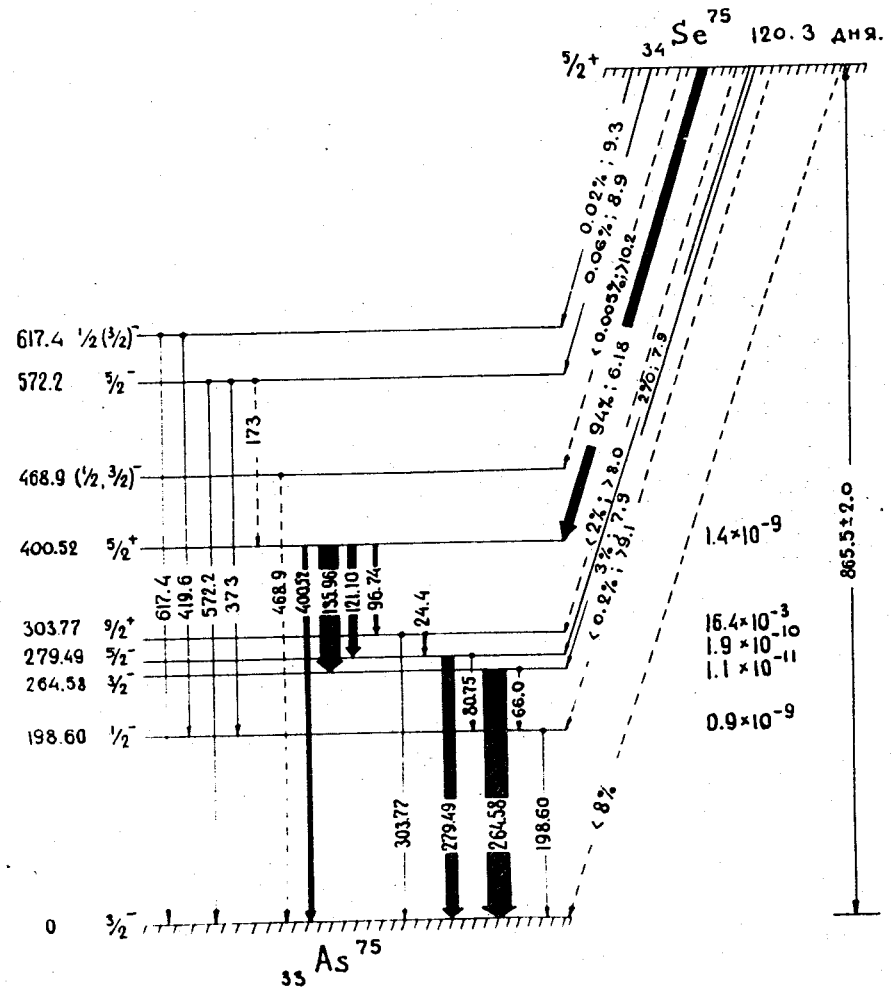


Рис. 2. Схема распада ^{75}Se . Энергии переходов указаны в кэВ, интенсивности - в процентах от числа распадов. Справа указаны периоды полураспада уровней.

СПЕКТР γ -ЛУЧЕЙ ^{154}Eu

Я. Врзал, Б.С. Джелепов, Н.Н. Жуковский, Я. Липтак, Я. Урбанец
Радиовый институт им. В.Г. Хлопина

Объединенный институт ядерных исследований

γ -излучение ^{154}Eu исследовано при помощи коаксиального германиево-литиевого детектора и 2048-канального амплитудного анализатора. Для приготовления источника использована обогащенная окись европия (88,2% ^{153}Eu и 1,8% ^{151}Eu). Окись европия облучалась на реакторе в потоке тепловых нейтронов $\approx 2,10^{13}$ н. см⁻² сек⁻¹ в течение 1000 часов. Методом распределительной хроматографии была произведена очистка источника ^{154}Eu от других примесей редких земель. От момента приготовления источника до начала измерений γ -спектра прошло около 2-х лет. Источник содержал примеси ^{152}Eu и ^{155}Eu , получающиеся одновременно с ^{154}Eu соответственно по реакциям $^{151}\text{Eu}(n,\gamma)^{152}\text{Eu}$ и $^{153}\text{Eu}(2n,\gamma)^{154}\text{Eu}$. В исследуемом образце активности ^{154}Eu , ^{155}Eu и ^{152}Eu находились в соотношении 100 : 27 : 5,5.

Измерения производились в следующих условиях.

Расстояние источника от детектора = 15 см; источник был покрыт алюминиевой пластинкой толщиной 4 мм. Выполнено 3 серии измерений. В тех же приборных условиях производилась градуировка прибора по линиям RaC' .

На рис. 1 (а-ж) иллюстрируются экспериментальные кривые γ -спектра, полученные в одной из серий измерений. В области энергий от 40 до 1800 кэВ нами выделено более 50 линий. Наблюдены две рентгеновские линии K_{α} и K_{β} , а также пики обратного рассеяния (σ) от γ -лучей ^{155}Eu $h\nu = 87$ кэВ и ^{154}Eu $h\nu = 724$ кэВ (пик обратного рассеяния от сильной линии ^{154}Eu $h\nu = 123$ кэВ накладывается на γ -линию ^{155}Eu $h\nu = 87$ кэВ). Пики обратного рассеяния от остальных линий проявлялись очень слабо; их положение в спектре отмечено вертикальными стрелками. Пики с двойным вылетом аннигиляционных γ -квантов от жестких γ -лучей практически не наблюдались.

Мягкие линии до $h\nu = 105$ кэВ принадлежат ^{155}Eu ; линия $h\nu = 344; 412; 716; 779; 985; 1087; 1100; 1113; 1215; 1300; 1408$ и 1454 кэВ — ^{152}Eu (12,3 лет.). Остальные линии принадлежат ^{154}Eu . ^{155}Eu имеет энергию распада = 250 кэВ. Согласно имеющимся экспериментальным данным /1/ в γ -спектре ^{155}Eu отсутствуют γ -линии с

энергией выше 137 кэВ. Выделенные нами линии ^{155}Eu $h\nu = 60; 78$ и 105 кэВ наблюдались ранее; согласно нашим оценкам, относительные интенсивности их соответственно равны $4,4 \pm 0,6; 100$ и 38 ± 2 .

В табл. 1 приведены энергии и относительные интенсивности γ -лучей ^{154}Eu . Поправки на γ -спектр примеси ^{152}Eu рассчитаны по линии $h\nu = 1408$ кэВ и работе /2/. Относительные интенсивности в различных сериях измерений для сильных линий совпадают в пределах 2-5%, а для слабых линий иногда отличаются на 20-30%. Это отражено в погрешностях, приведенных в табл. 1.

Большинство линий ^{154}Eu (31 из 34) известно из других работ и, за исключением линий $h\nu = 478; 1130$ и 1190 кэВ, размещено в схему распада /3/. Полученные нами значения энергий линий в пределах ± 2 кэВ совпадают с значениями, которые получены при исследовании γ -спектра ^{154}Eu на элтроне /3/. Исключение составляет слабая линия $h\nu = 1534$ кэВ вместо $h\nu = 1540$ кэВ /3/. Наше значение мы считаем более правильным — с погрешностью ± 2 кэВ.

Относительные интенсивности большинства γ -лучей, полученные на элтроне и германиево-литиевом детекторе, совпадают в пределах суммы погрешности. Однако в некоторых случаях имеются существенные расхождения:

- 1) Суммы интенсивностей линий $\gamma 322 + \gamma 331$ и $\gamma 398 + \gamma 402$ в работе /3/, по видимому, были завышены; для элтрона эта область энергий неблагоприятна: учет хвостов от более жестких линий вносит большую неопределенность.
- 2) Интенсивности линий $h\nu = 583; 846; 1130$ и 1190 кэВ в работе /3/ получены в результате сложных разложений и, вероятно, погрешность их была недооценена.
- 3) В работе /3/ были приведены линии $h\nu = 616$ и 628 кэВ с интенсивностями соответственно 0,9 и 1,0% от интенсивности линии $h\nu = 1276$ кэВ. В нашем спектре эти линии также наблюдаются, но с меньшей интенсивностью. В таблице приводится только оценка интенсивности линии 628 кэВ.

Помимо четкого разделения линий $\gamma 322 + \gamma 331$ и $\gamma 398 + \gamma 402$, мы обнаружили две новые очень слабые линии $h\nu = 948$ и 1460 кэВ, которые проявлялись во всех сериях измерений. Доказательств принадлежности их ^{154}Eu пока нет.

Линии $h\nu = 322; 331$ и 398 кэВ укладываются в схему распада ^{154}Eu /3/. Если линии $h\nu = 478; 948; 1130; 1190$ и 1460 кэВ принадлежат ^{154}Eu , то для их размещения в схему распада нужны новые уровни.

Л и т е р а т у р а

1. Б.С. Джелепов, Л.К. Пекер, В.О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер. М-Л. 1963.
2. Б.С. Джелепов, Н.Н. Жуковский, А.Г. Малоян. Ядерная физика, 3, 785 (1966).
3. Б.С. Джелепов, А.Г. Дмитриев, Н.Н. Жуковский, А.Г. Малоян. Изв. АН СССР, сер. физ. 30 № 8, 1265 (1966).

Таблица 1

Энергия и относительная интенсивность

у-линий

 ^{154}Eu

Наши результаты		Джепепов и др. ^{12/}	
λ, кэВ	Относительная интенсивность	λ, кэВ	Относительная интенсивность
I23	90±8	I23	II6±8
247	17±3	247±2	22±2
322	0.3±0.1	} 328±3	2.3±0.6
331	0.15±0.06		
398	0.2±0.1	} 403±2	1.3±0.3
402	0.57±0.09		
447	1.7±0.2	445±2	1.5±0.3
478	0.76±0.09	480±5	0.4±0.2
558	0.67±0.15	555±4	0.7±0.2
583	1.9±0.2	581±3	3.1±0.6
593	11.5±0.5	593±1	14.0±0.7
627	0.7±0.1	628±3	0.6±0.2
693	4.8±0.3	693±1	5.4±0.5
724	60±4	724±1	57±3
758	12.7±0.9	758±1	13.2±0.8
800	0.6±0.2	800	-
816	1.8±0.5	815±2	1.8±0.2
846	1.4±0.4	847±3	2.8±0.3
874	35±2	874±1	34±2
894	1.5±0.2	895±3	1.4±0.3
905	2.6±0.4	906±3	2.3±0.3
925	0.2±0.1	925±2	0.27±0.07
948	<0.3	-	-
998	33±2	998±2	32.5±2.5
I007	52±2	I007±2	46.4±2.8
II30	2.2±0.5	II29±3	1.0±0.1
II42	0.9±0.3	II42±2	0.6±0.1
II90	0.5±0.2	II90±2	0.24±0.06
I247	2.4±0.2	I248±4	2.3±0.3
I276	I00	I277±1	I00
I460	<0.2	-	-
I492	1.8±0.2	I493±2	2.1±0.1
I534	0.15±0.05	I539±3	0.19±0.03
I598	4.7±0.3	I598±2	5.0±0.3

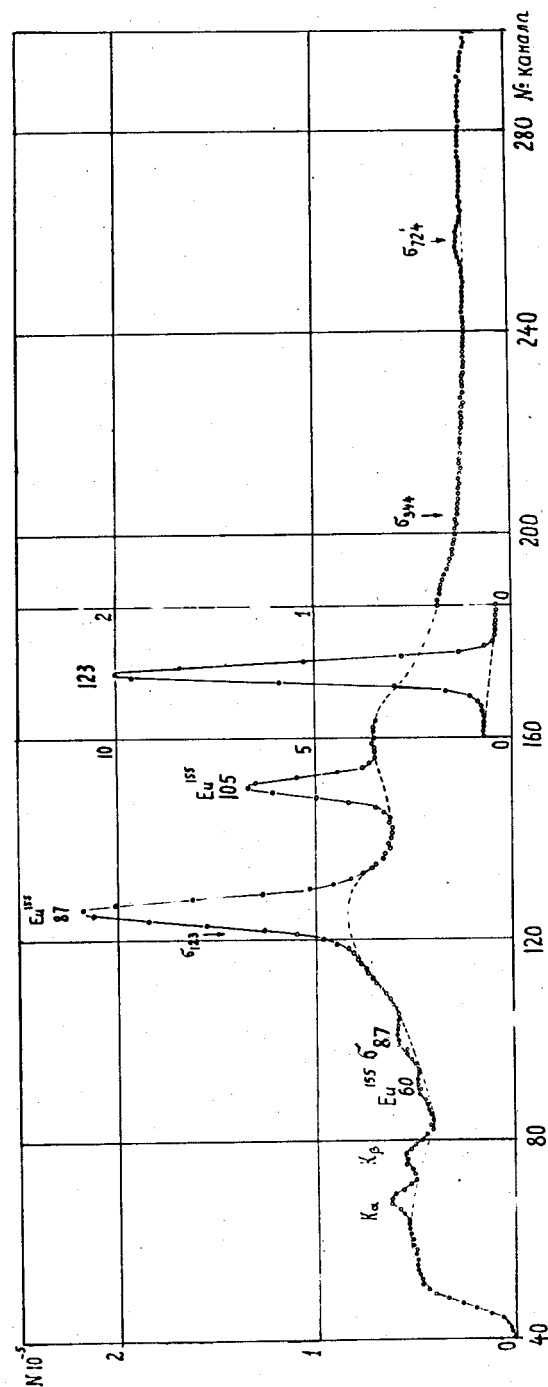


Рис. 1а. Экспериментальные кривые у-спектра ^{154}Eu , полученные в одной из серий измерений. Вдоль оси абсцисс — номер канала анализатора. Вдоль оси ординат — число зарегистрированных импульсов N. (то же на рис. 1б, в, г, д, е, ж.)

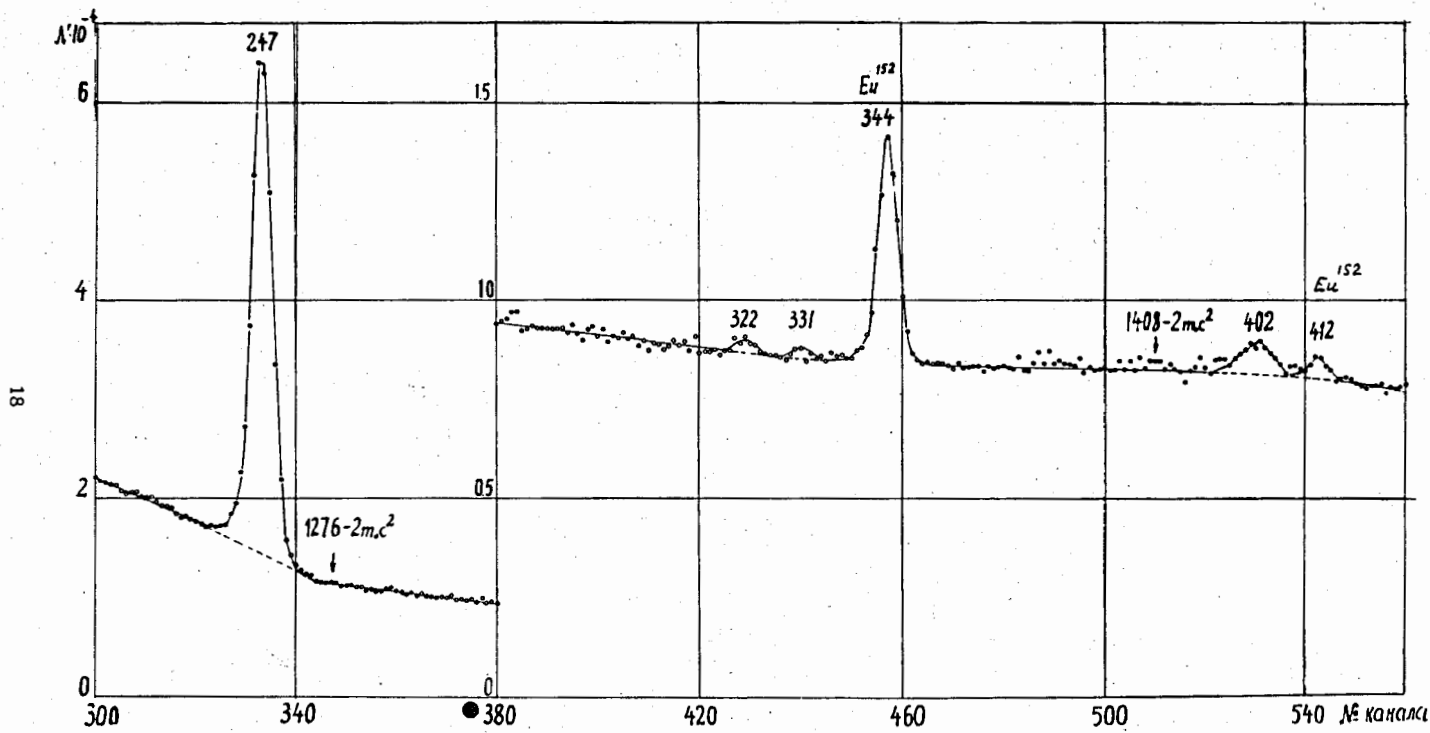


Рис. 16

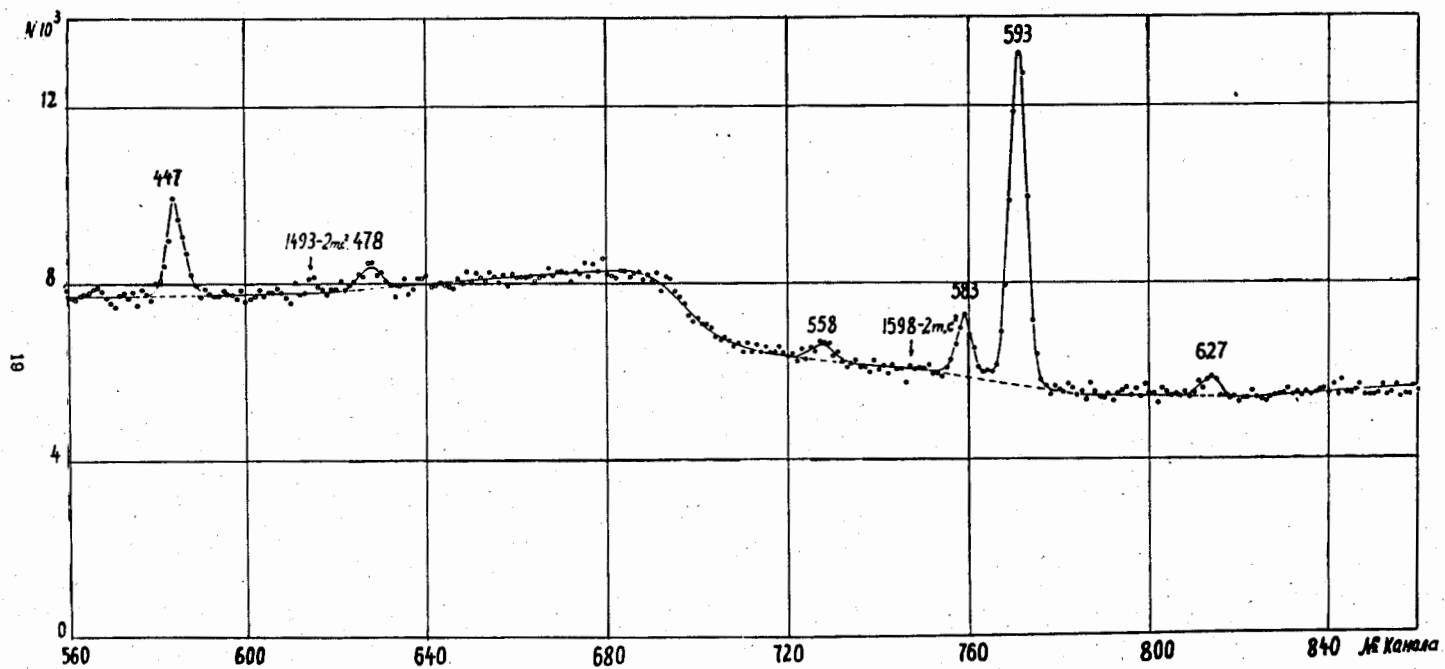


Рис. 1в

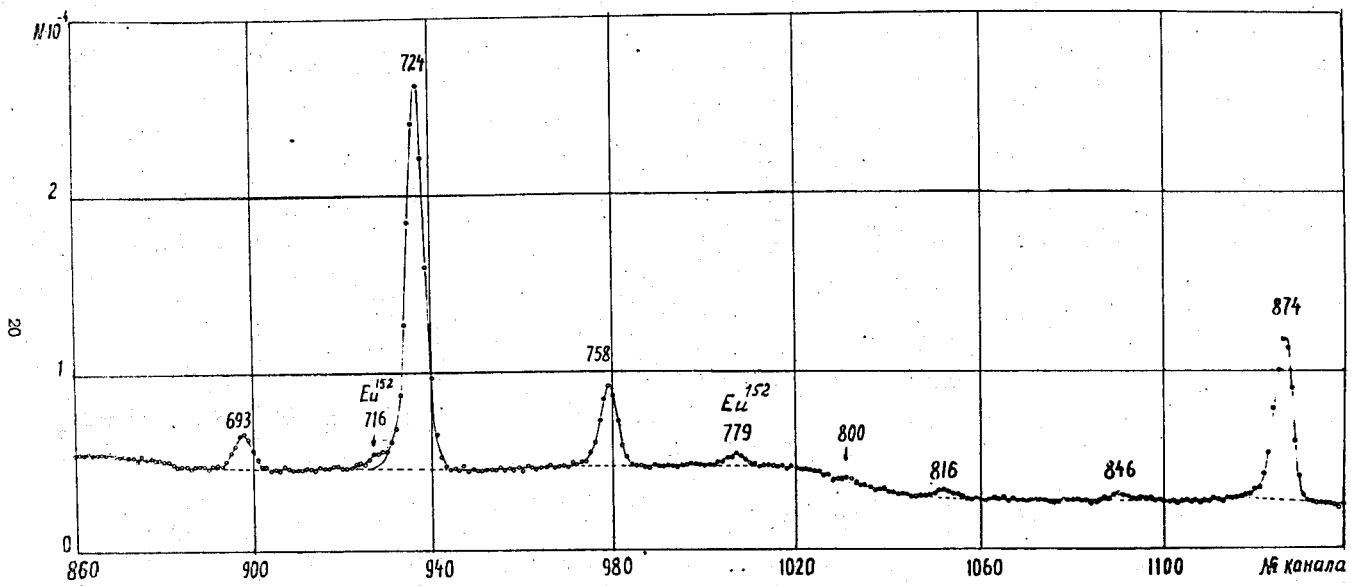


Рис. 1г

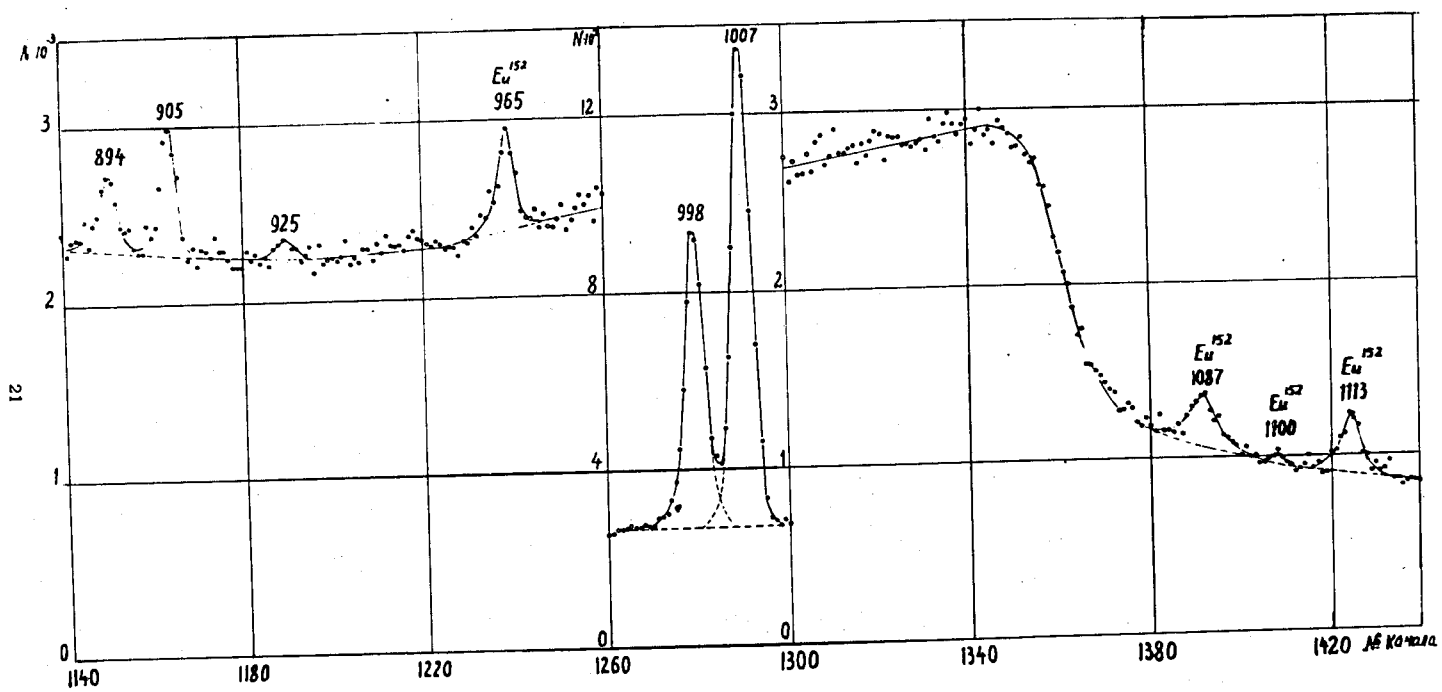


Рис. 1д

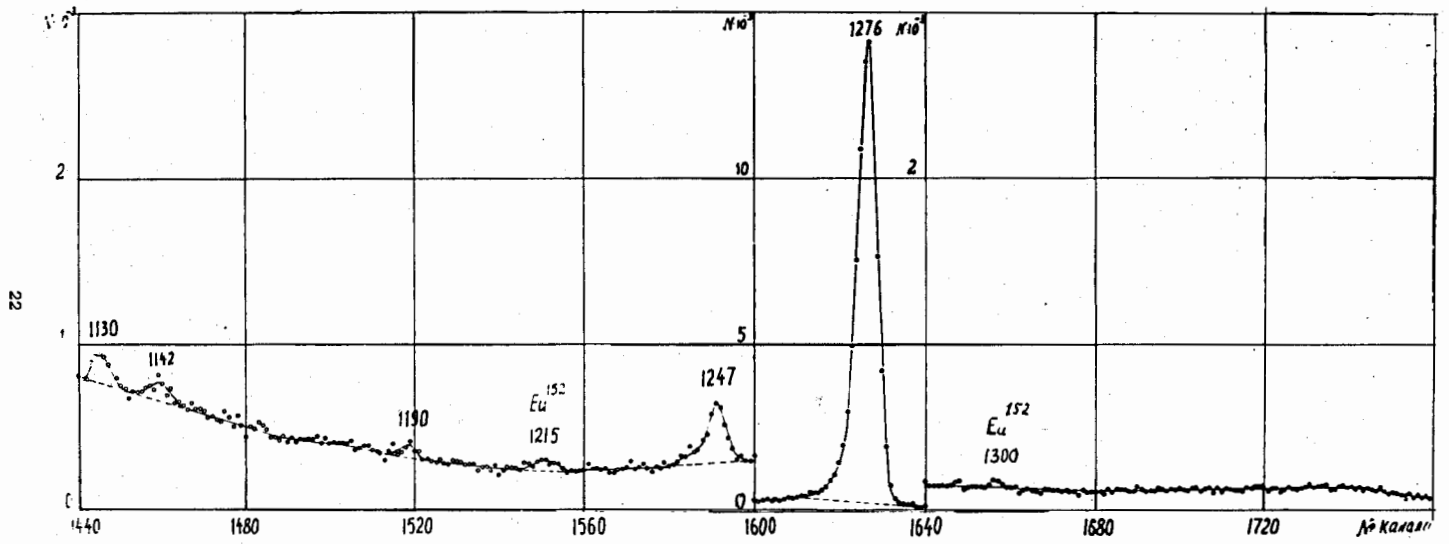


Рис. 1е

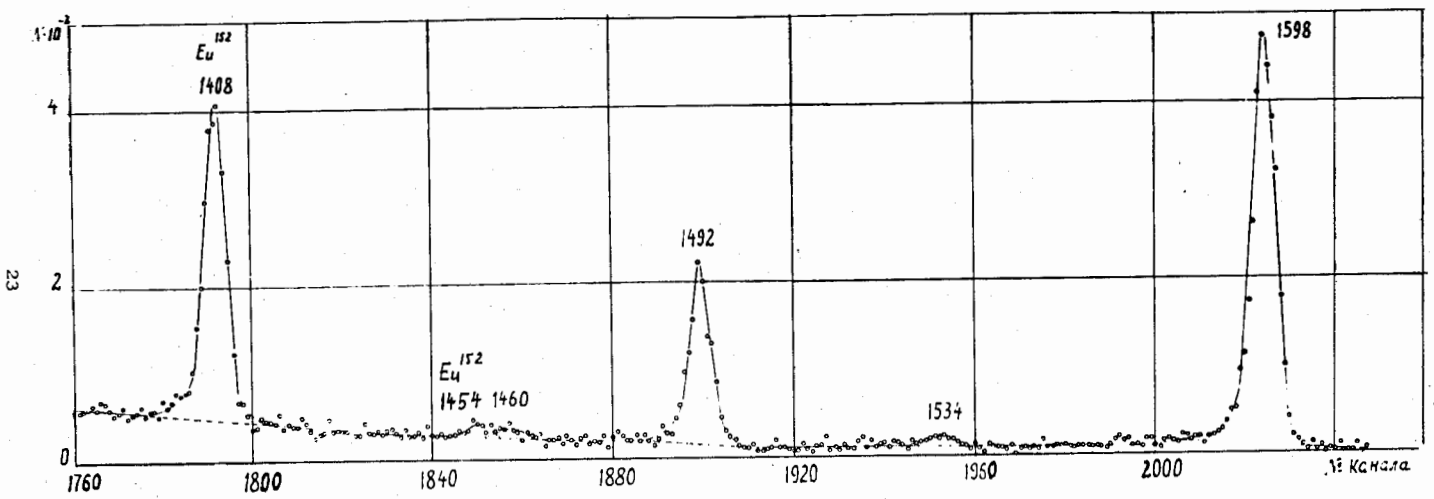


Рис. 1ж

ГАММА-СПЕКТР ¹²⁴Sb

Я. Врзал, Б.С. Джелепов, А.Г. Дмитриев, Н.Н. Жуковский, Я. Липтак, Я. Урбанец

Радиовый институт им. В.Г. Хлопина
Объединенный институт ядерных исследований

γ -спектр ¹²⁴Sb исследован при помощи коаксиального германиево-литиевого детектора и 2048-канального амплитудного анализатора. Источником служила естественная смесь сурьмы, облученная на реакторе в потоке тепловых нейтронов $\approx 2 \cdot 10^{13}$ н см² сек⁻¹. С этим же источником мы исследовали γ -излучение ¹²⁴Sb на элотроне ^{1/1/}.

Измерения производились полтора года спустя после приготовления источника. Условия измерения: расстояние между источником и детектором = 15 см; использовались два вида фильтров - а) 4 мм Al и б) 5 мм Pb + 1 мм Cu + 0,5 мм Cd (для области больших энергий).

Было выполнено 3 серии измерений.

Для более точного измерения энергий γ -линий ¹²⁴Sb мы после каждой серии измерений в тех же приборных условиях проводили градуировку прибора по γ -линиям RaC' и ⁶⁰Co.

На рис. 1 и 2 изображен экспериментальный γ -спектр в области энергий от 0,3 до 2,4 Мэв. Помимо пиков полного поглощения, в спектре наблюдаются пики "двойного вылета" при образовании пар от $\nu = 1882$ и $\nu = 2090$ кэв. Пики обратного рассеяния (σ), а также пики суммирования и случайных совпадений в пределах погрешности измерений отсутствуют.

Нами выделено 27 γ -линий. Линии $\nu = 426$ и $\nu = 462$ кэв принадлежат ¹²⁵Sb, получающимся по реакции ($2n, \gamma$) одновременно с ¹²⁴Sb. Линии $\nu = 1173$ кэв и $\nu = 1332$ кэв обусловлены примесью ⁶⁰Co. Остальные 23 γ -линии мы относим к ¹²⁴Sb. Четыре из этих линий, $\nu = 635; 658; 884; 2182$ кэв, в γ -спектре ¹²⁴Sb наблюдаются нами впервые. Линия $\nu = 885$ кэв наблюдалась в γ -спектре ¹²⁴I ^{1/2,3/}.

В табл. 1 приведены значения энергий и относительных интенсивностей γ -линий ¹²⁴Sb. Погрешность в значениях относительных интенсивностей линий включает в себя статистические погрешности измерений, а также погрешность, с которой известна эффективность детектора. При определении интенсивности γ -линий $\nu = 603$ и 635 кэв учитывался вклад от линий ¹²⁵Sb $\nu = 598$ и 603 кэв и $\nu = 633$ кэв, который сос-

тавлял соответственно: 0,8; 0,2 и 0,5% от интенсивности γ -линий ¹²⁴Sb $\nu = 603$ кэв. Учет производился по самой интенсивной γ -линии ¹²⁵Sb $\nu = 426$ кэв, которая отчетливо наблюдалась в наших опытах. Относительные интенсивности γ -линий ¹²⁵Sb взяты из работы ^{1/4/}.

В табл. 1 приведены также значения относительных интенсивностей γ -линий ¹²⁴Sb, полученные в других работах при помощи магнитных спектрометров ^{1/1,5,8/}. В пределах погрешности наблюдается хорошее согласие в значениях интенсивностей известных ранее γ -линий. Исключение составляет γ -линия $\nu = 1582$ кэв. В нашей предыдущей работе ^{1/1/} эта линия была получена в результате разложения участка спектра, который состоял из нескольких неразделенных линий. Полученное поэтому в настоящей работе значение мы считаем более точным.

Мы не наблюдаем γ -линий $\nu = 763$ кэв ^{1/1/}, $\nu = 1900$ кэв ^{1/2/} и $\nu = 1298$ кэв ^{1/6/} с такими интенсивностями, какие даны авторами, наблюдавшими эти линии (т.е. с интенсивностями 0,4; 0,1 и 0,2% от I_{max} , соответственно). γ -линию $\nu = 1326$ кэв, которую наблюдали в других работах ^{1/1,8/}, мы не могли выделить из-за наложения в этой области спектра γ -линии ⁶⁰Co ⁶⁰ $\nu = 1332$ кэв.

О схеме распада ¹²⁴Sb

На рис. 3 изображена предложенная в ряде работ ^{1/7,9/} и дополненная нами схема распада ¹²⁴Sb. В настоящее время только для шести уровней ¹²⁴Te, возбуждаемых при распаде ¹²⁴Sb, с удовлетворительной точностью определены значения энергии и известны квантовые характеристики: (603 ± 1) кэв (2^+); (1249 ± 1) кэв (4^+); (1326 ± 2) кэв (2^+); (1950 ± 2) кэв (4^+); (2295 ± 2) кэв (3^-) и (2684 ± 2) кэв (3^-). Об остальных уровнях этого сказать нельзя: в значениях энергий существует большая неопределенность, и квантовые характеристики не известны.

Гиргис и Ван Липоут ^{1/2/} ввели в схему распада ¹²⁴Sb возбужденный уровень ¹²⁴Te с энергией ≈ 1900 кэв. Этот уровень включал γ -переходы $\nu = 1298$ кэв ^{1/6/} и $\nu = 1900$ кэв ^{1/2/}. Если уровень с энергией ≈ 1900 кэв возбуждается при распаде ¹²⁴Sb, то согласно нашим оценкам верхних пределов интенсивностей γ -линий $\nu = 1298$ и 1900 кэв он может заселяться не более чем в 0,5% распада.

Джелепов и др. ^{1/10/} предположили существование в ¹²⁴Te уровня с энергией $= 3034$ кэв (размещались γ -переходы $\nu = 789$ и 708 кэв). В наших опытах мы наблюдаем γ -линию $\nu = 2038 \pm 2$ кэв. В пределах погрешности измерений к этому значению энергии близки следующие суммы: $603 + 1438 = 2040 \pm 3$; $1249 + 790 = 2041 \pm 3$ и $1326 + 713 = 2039 \pm 3$. Экспериментальных данных о совпадениях линий $\nu = 713; 790$ и 1438 кэв с другими линиями ¹²⁴Sb нет. Однако можно, вероятно, утверждать, что существует уровень с энергией 2040 ± 2 кэв.

Во всех других предыдущих вариантах схемы распада ¹²⁴Sb γ -переход $\nu = 713$ кэв располагался в каскаде с $\nu = 646$ кэв и следовал с уровня с энергией 1982 кэв.

Согласно нашим данным, этот уровень имеет энергию 1959 ± 2 кэв (его определяют γ -переходы $h\nu = 635$; 709 и 1356 кэв; ранее он определялся в основном переходом $h\nu = 1361 \pm 4$ кэв^{/8/}). Размещение γ -переходов $h\nu = 709$ и 713 кэв соответственно между уровнями возбуждения ^{124}Te с энергиями 1959-1249 и 2040-1326 кэв лучше согласуется с данными о заселении уровней с энергиями 1249 и 1326 кэв: отношение интенсивностей β -компонентов, следующих на эти уровни, $\frac{J_{\beta 1249}}{J_{\beta 1326}}$ равно $0,56 \pm 0,08$ ^{/8/}. Если предполагать, что уровни с энергиями 1249 и 1326 кэв заселяются соответственно γ -переходами $h\nu = 709$; 790 и 1044 кэв и $h\nu = 635$; 713; 970; 1369; 1527 и 1580 кэв, то из нашего эксперимента получается значение $\frac{J_{\beta 1249}}{J_{\beta 1326}} = 0,75 \pm 0,11$, которое удовлетворительно согласуется с результатами работы^{/8/}.

Уровень ^{124}Te с энергией 2865 кэв^{/11/} включал γ -переходы $h\nu = 890$ кэв^{/2/}, $h\nu = 1500$ кэв^{/5/}, $h\nu = 1540$ кэв^{/5/} и $h\nu = 2260$ кэв^{/2/}; он введен на основании совпадений ($\gamma 2260$) ($\gamma 603$) и ($\gamma 1540$) ($\gamma 723$)^{/3,9/}. До наших опытов энергия γ -переходов $h\nu = 890$; 1505; 1540 и 2260 кэв определялась с большой погрешностью (10-20 кэв). Теперь нам известно, что эти переходы имеют энергии (884 ± 3) кэв; (1489 ± 2) кэв; (1526 ± 2) кэв и (2295 ± 5) кэв. По-видимому, в опытах по совпадениям ($\gamma 2260$) ($\gamma 603$)^{/3,9/} наблюдался каскад $\gamma 2295 \rightarrow \gamma 603$. Сумма $2295 + 603 = 2898 \pm 8$ в пределах погрешности близка к сумме $1326 + 1580 = 2906 \pm 4$. Вероятно, в ^{124}Te существует возбужденный уровень с энергией 2903 ± 5 кэв. Следует отметить, что в одной работе^{/12/} не обнаружено совпадений $\gamma (2280 \pm 20)$ с $\gamma (603)$. Поэтому определенно утверждать, что существует уровень с энергией 2903 кэв, нельзя. Совпадения ($\gamma 1540$) ($\gamma 723$), очевидно, относятся к каскаду $\gamma 1526 \rightarrow \gamma 723$. В этом случае энергия уровня возбуждения ^{124}Te должна быть равна $1326 + 1526 = 2852 \pm 3$ кэв. Других γ -переходов, кроме $h\nu = 1526$ кэв, которые укладывались бы между этим и более низкими уровнями ^{124}Te , никто не наблюдал.

Два γ -перехода $h\nu = 884$ и 1489 кэв можно разместить в схему распада, если ввести новый уровень возбуждения ^{124}Te с энергией 1489 кэв. Между этим уровнем и уровнем 3^- с энергией 2694 кэв укладывается наблюдаемый нами ранее γ -переход $h\nu = 1200$ кэв. Этот уровень может иметь квантовые характеристики 1^\pm или 2^+ . Поскольку уровень с энергией 1489 кэв находится в области двухфононного возбуждения, первое значение квантовых характеристик мало вероятно.

Схема распада, изображенная на рис. 3, включает все известные из распада ^{124}Sb γ -переходы ^{124}Te , за исключением наблюдаемого нами перехода $h\nu = 2182$ кэв и перехода $h\nu = 1298$ кэв, наблюдаемого в работе Золотавина и др.^{/8/}.

Используя наши значения относительных интенсивностей γ -линий, мы определили заселенность уровней возбуждения ^{124}Te при распаде ^{124}Sb и вычислили $\lg ft$ β -переходов.

Мы предполагаем наличие в β -спектре ^{124}Sb 10 компонентов с интенсивностями больше 0,5% распада. При непосредственном исследовании β -спектра ^{124}Sb вы-

делено 6 компонентов^{/10/}. Относительные интенсивности этих компонентов в пределах 15% согласуются с вычисленными нами значениями из баланса интенсивностей по уровням возбуждения ^{124}Te .

Л и т е р а т у р а

1. Б.С. Желепов, А.Г. Дмитриев, Н.Н. Жуковский, А.Г. Малоян. Программа и тезисы докладов XV ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Минск. Москва-Ленинград, 1965.
2. R.K. Girgis, R. Van Lieshout. Physica, 25, 133 (1959).
3. K. Sugiyama, H. Ikegami, T. Yamazaki, M. Sakai. J. Phys. Soc. Japan, 14, 986 (1959).
4. Н.М. Антоньева, Я. Врзал, Б.С. Желепов, Г.С. Катыхин, Я. Липтак, Я. Урбанец. Данный сборник, стр. 40.
5. B.S. Dzelepov and N.N. Zhukovsky. Nucl. Phys., 6, 655 (1958).
6. А.В. Золотавин, Е.П. Григорьев, М.Н. Аброян. Изв. АН СССР, сер. физ., 20, 289 (1956).
7. G. Hartwig. Z. Physik. 161, 221 (1961).
8. M. Glaubman and J. Oberhater. Phys. Rev., 135, 13, 1313 (1964).
9. L. Dorikes-Vanpraet, J. Demuyck, M. Dorikens. Nucl. Phys., 73, 539 (1965).
10. Б.С. Желепов, Л.К. Пекер, В.О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер. Изд. АН СССР, Москва-Ленинград, 1963.
11. Nuclear Data Sheets. NRC 60-6-76 (1960).
12. V. Visweswara Rao, V. Lakimayana and Swami Jnanananda, J. Pure. Appl. Phys., 2, 101 (1964).

Таблица 1

Энергия и относительная интенсивность γ -линий ^{124}Sb

$h\nu$, кэВ	Относительная интенсивность		
	Наши данные	Джелепов и др. /1,5/	Золотавин и др. /8/
603 \pm 1	100	100	100
635 \pm 1	0.34 \pm 0.05	-	-
646 \pm 1	7.9 \pm 0.4	7.5 \pm 0.5	6
658 \pm 3	0.5 \pm 0.1	-	-
709 \pm 2	1.2 \pm 0.1	I4 \pm 1	4
713 \pm 1	2.8 \pm 0.2		
723 \pm 1	11.8 \pm 0.7		
790 \pm 2	1.1 \pm 0.2	-	-
884 \pm 3	≤ 0.6	-	-
970 \pm 3	2.0 \pm 0.6	2.5 \pm 0.4	2.6
1044 \pm 2	2.2 \pm 0.3	2.4 \pm 0.4	2.0
1203	< 0.5	0.10 \pm 0.05	-
1356 \pm 2	1.2 \pm 0.1	-	-
1369 \pm 2	2.85 \pm 0.15	3.6 \pm 0.3	3
1438 \pm 2	1.2 \pm 0.2	1.8 \pm 0.2	-
1489 \pm 2	0.9 \pm 0.2	0.95 \pm 0.08	-
1526 \pm 2	0.7 \pm 0.1	0.64 \pm 0.06	-
1580 \pm 3	0.6 \pm 0.1	0.2 \pm 0.1	-
1692 \pm 1	52 \pm 3	49.7 \pm 0.9	52
2038 \pm 2	0.09 \pm 0.03	0.12 \pm 0.07	-
2090 \pm 2	6.3 \pm 0.4	5.9 \pm 0.6	6.7
2182 \pm 5	0.04 \pm 0.02	-	-
2295 \pm 5	0.03 \pm 0.01	-	-

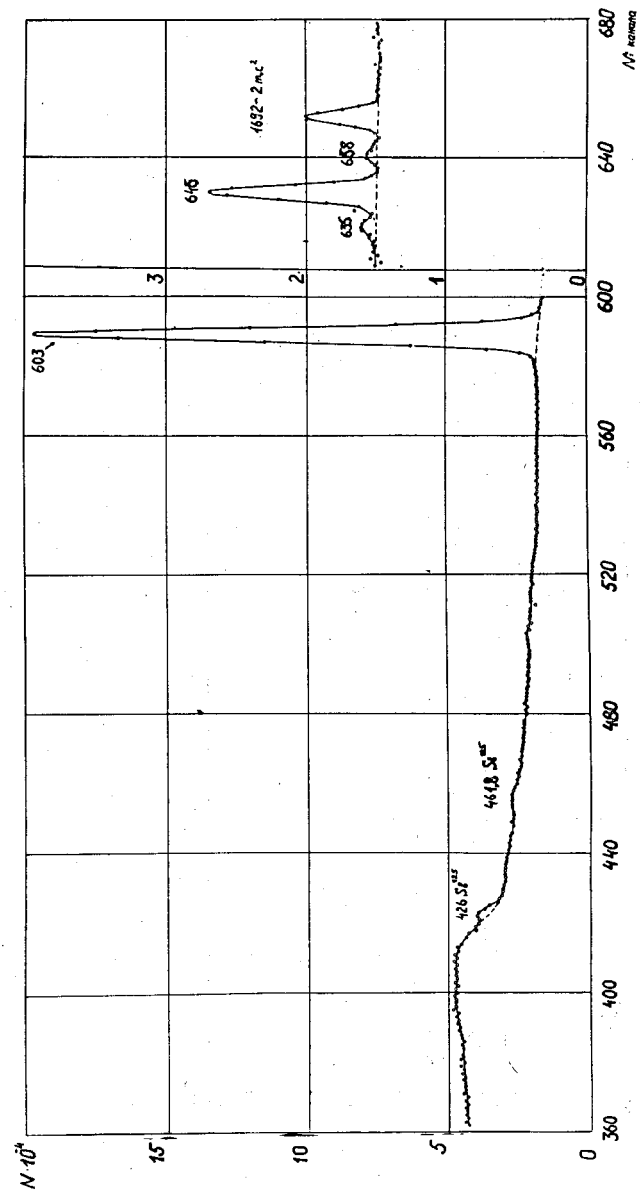


Рис. 1а. Гамма-спектр ^{124}Sb , полученный при использовании фильтра 4 мм Al . Вдоль осей абсцисс - число зарегистрированных импульсов; вдоль осей ординат - номер канала анализатора.

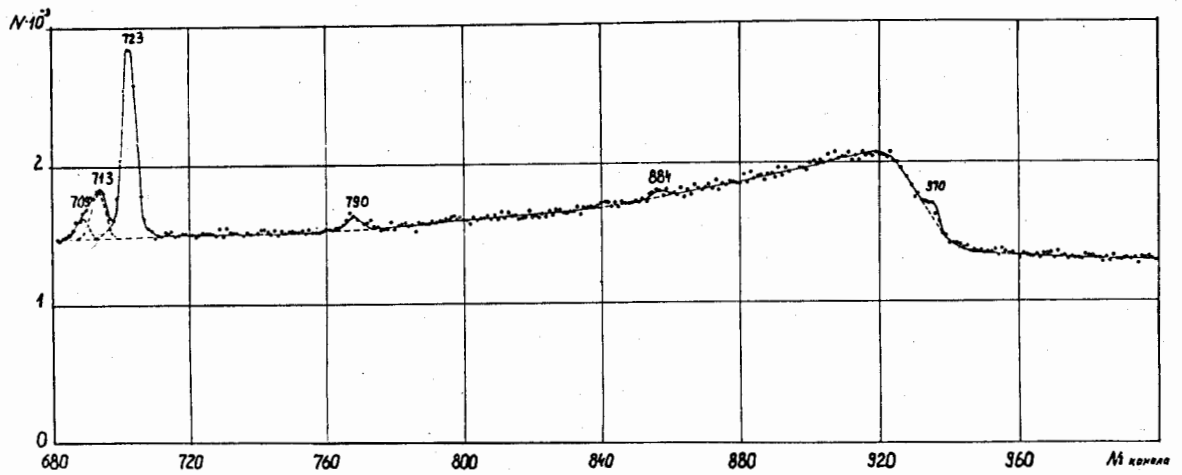


Рис. 1б (см. подпись к рис. 1а).

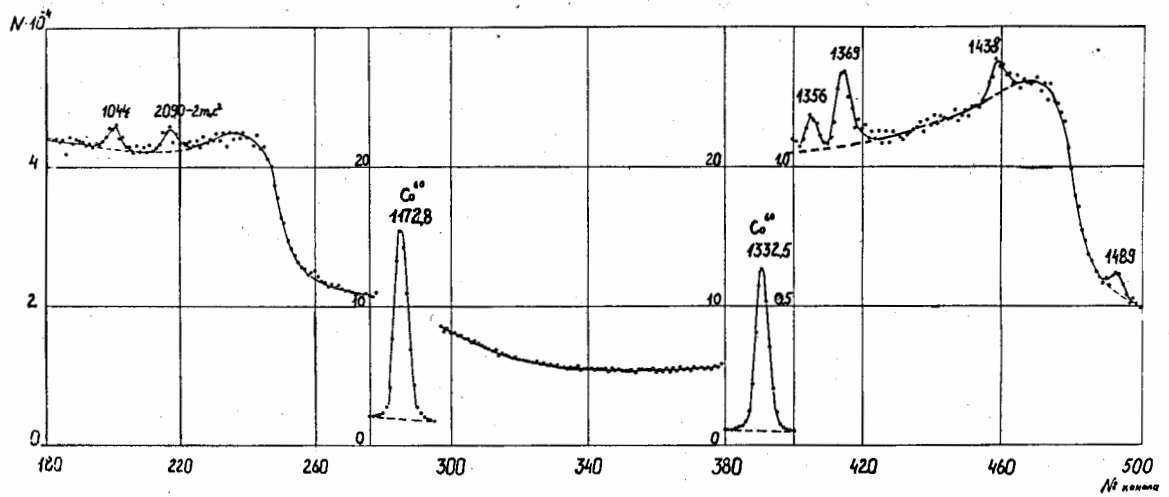


Рис. 2а. Гамма-спектр ¹²⁴Sb, полученный при использовании фильтра 5 мм Рь + 1 мм Си + 0,5 мм Сд. Вдоль осей - то же, что и на рис. 1.

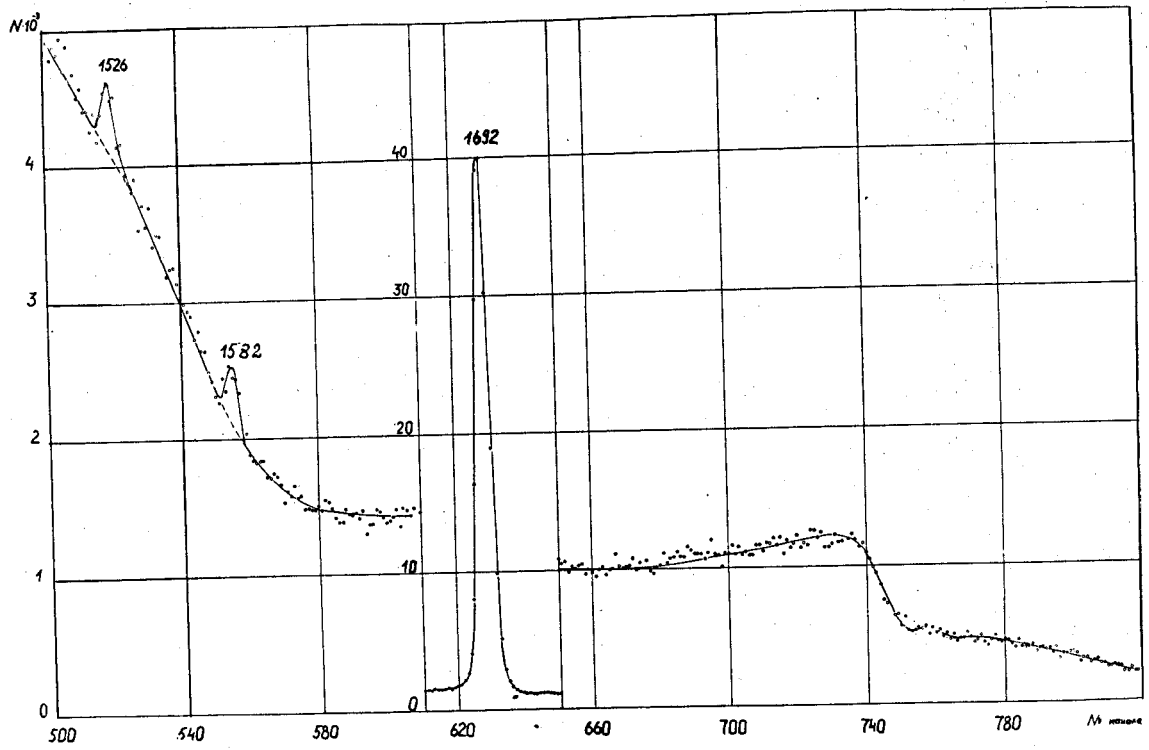


Рис. 2б (см. подпись к рис. 2а).

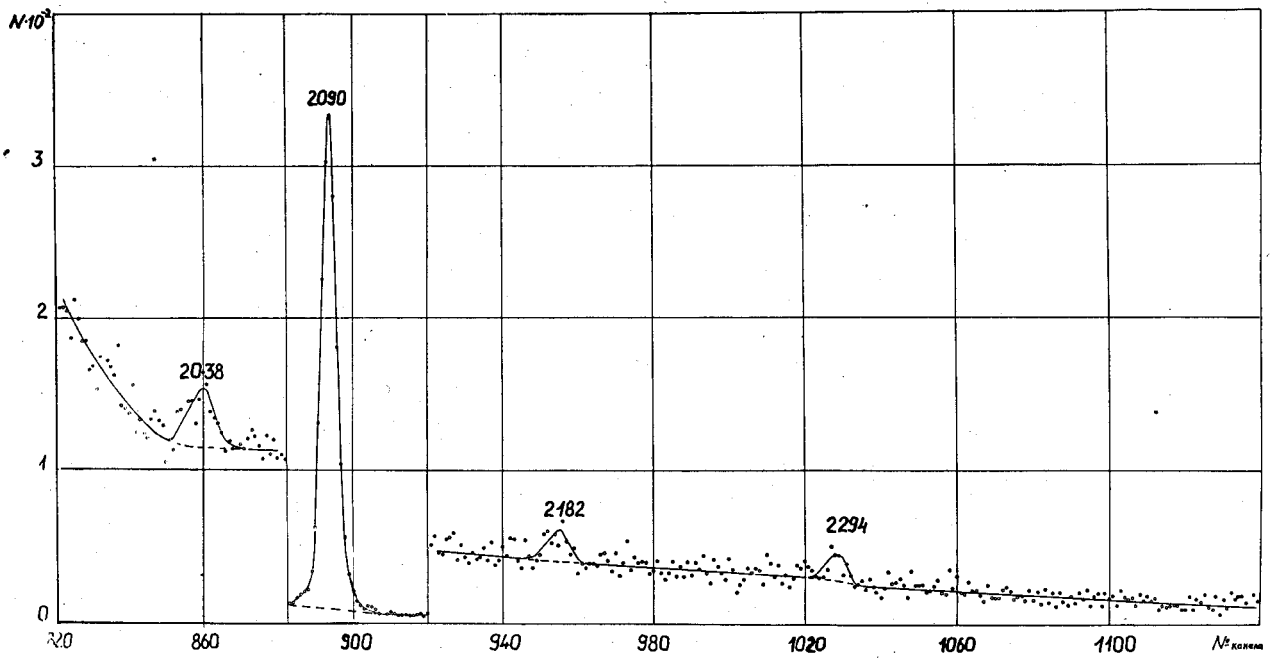


Рис. 2в (см. подпись к рис. 2а).

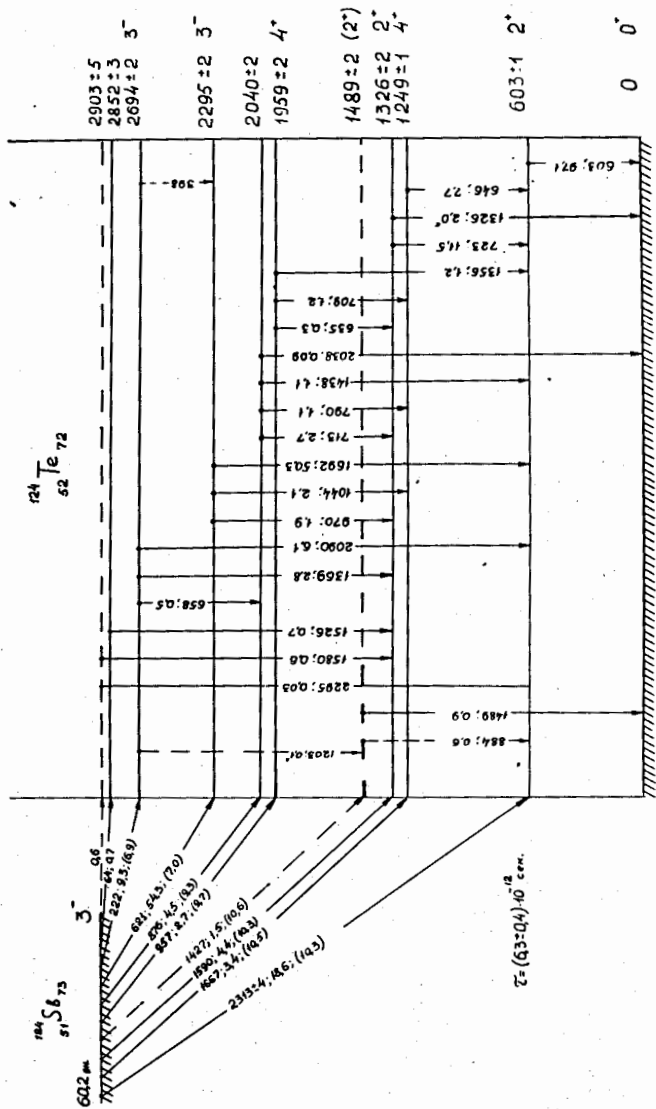


Рис. 3. Схема распада ^{124}Sb . Энергии и интенсивность (в % распада) даны по результатам нашей работы. Интенсивности переходов, отмеченные (*), взяты из работы [1].

РАСПАД ^{106}Rh

Я. Врзал, Е.П. Григорьев, А.В. Золотавия, Я. Липтак, В.О. Сергеев, Я. Урбанец
Ленинградский государственный университет
Объединенный институт ядерных исследований

Нижние уровни ядра $^{106}_{46}\text{Pd}_{60}$ довольно хорошо объясняются с точки зрения вибративной модели. Первый возбужденный уровень этого ядра с характеристиками 2^+ можно рассматривать, как однофононное вибративное состояние, а три последующих - 2^+ , 0^+ и 4^+ - как двухфононный триплет. Детальное изучение свойств возбужденных уровней ^{106}Pd позволяет точнее определить параметры вибративной модели и объяснить природу более высоких уровней.

Источником служил радиоактивный изотоп ^{106}Rh ($T_{1/2} = 30$ сек), находящийся в равновесии с материнским ^{106}Ru ($T_{1/2} = 366$ дн) - продуктом деления урана.

Спектр электронов внутренней конверсии изучался на β -спектрометре с двойной фокусировкой с разрешающей способностью $0,17\%$, γ -лучи - на полупроводниковом γ -спектрометре с коаксиальным Ge(Li) детектором объемом 5 см^3 с разрешающей способностью ≈ 5 кэВ.

По конверсионным электронам были определены энергии двух наиболее интенсивных переходов $511,8 \pm 0,2$ и $622,0 \pm 0,2$ кэВ. Реперами были электронные линии радиоактивного осадка тория и ^{137}Cs . Последний изотоп присутствовал в одном из препаратов ^{106}Rh , что позволило использовать его не только для уточнения энергий, но также и для непосредственного определения коэффициентов конверсии переходов 511,8 и 622,0 кэВ.

Зная относительные интенсивности K -конверсионных электронов и γ -лучей переходов 511,8 и 622,0 кэВ в ^{106}Pd и 861,6 кэВ в ^{137}Ba и коэффициент конверсии $a_K(861,6) = 0,089$, мы определили $a_K(511,8) = (5,1 \pm 1,0) \cdot 10^{-3}$; $a_K(E2) = 4,9 \cdot 10^{-3}$; $a_K(M1) = 4,6 \cdot 10^{-3}$ и $a_K(622,0) = (3,4 \pm 0,7) \cdot 10^{-3}$ / $a_K(E2) = 3,0 \cdot 10^{-3}$; $a_K(M1) = 3,0 \cdot 10^{-3}$. Оба полученных коэффициента конверсии соответствуют электрическим квадрупольным переходам, идущим между состояниями 511,8 кэВ (2^+) и 0 кэВ (0^+) и 1133,8 кэВ (0^+) и 511,8 кэВ (2^+). Был определен верхний предел интенсивности K -конверсионных электронов ЕО перехода 1133,8 кэВ

$$I_K(1133,8) < 0,2 I_K(622,0).$$

Переходы 1133,8 и 622,0 кэв идут с одного и того же уровня, поэтому, принимая период полураспада по отношению к E2 переходу 622 кэв по одночастичной модели

$T_{1/2}$ (E2, 622,0 кэв) = $2 \cdot 10^{-10}$ сек, мы получили период полураспада по отношению к E0 переходу $T_{1/2}$ (E0, 1133,8 кэв) = $3 \cdot 10^{-7}$ сек. Это значение соответствует довольно малому значению приведенного матричного элемента E0 перехода $\rho^2 = 6 \cdot 10^{-4}$. Но это можно объяснить тем, что E2 переход 622,0 кэв, как обычно, несколько раз ускорен.

Полный спектр γ -лучей ^{106}Rh впервые был измерен с высоким разрешением на полупроводниковом γ -спектрометре. Это позволило обнаружить около 20 новых переходов и значительно уточнить интенсивности γ -лучей. В таблице приведены данные об энергиях и интенсивностях γ -лучей ^{106}Rh . Здесь же для сравнения даны результаты двух лучших работ, выполненных на сквентилляционном спектрометре ^{2,3/}, и единственной опубликованной работы, в которой использовался полупроводниковый детектор ^{4/}.

К сожалению, современная аппаратура не позволяет измерить очень слабые линии электронов внутренней конверсии на фоне сильного сплошного β -спектра, и нам неизвестны мультипольности большинства переходов. Поэтому схема распада ^{106}Rh (рис.1) построена на основе баланса энергий γ -переходов и данных о γ - γ -совпадениях ^{2,4,5/} и угловых корреляциях ^{6/}.

Уровень 1582 кэв однозначно установлен по (β 2000) (γ 1050) - совпадениям ^{2/}, (γ 512) (γ 1050) - совпадениям ^{2,3,5/}. Измерения угловых корреляций каскада 1050-512 кэв позволили установить спин уровня - $2^{8/}$.

Хорошее совпадение энергии перехода 1582 кэв с суммой 512 + 1050 кэв позволяет направить его на основное состояние. Следует отметить, что он заторможен примерно на два порядка по сравнению с переходом 1050 кэв. По характеру разрядки состояние очень похоже на уровень 1127 кэв.

Уровень 2000 кэв проявился в совпадениях (γ 512) (γ 873) и (γ 622) (γ 873) ^{2,3,5/}. При совпадениях (γ 622) (γ 873), в действительности наблюдаются совпадения с линией 615 кэв, которая попадает в выделенный амплитудный интервал. Результаты угловых корреляций указывают на спин $0^{5/}$. Совпадения (γ 1050) (γ 873) ^{2,3/} можно объяснить тем, что когда один из каналов установлен на γ -линию 1050 кэв, то в него попадают γ -лучи 1127 кэв, которые и совпадают с γ -873 кэв. Других переходов с уровня 2000 кэв не проявилось. Это можно объяснить трехфонным характером состояния.

Уровень 2308 кэв хорошо определяется тремя идущими с него переходами. Он проявился в спектре сумм ^{2/} и в совпадениях (γ 512) (γ 1770) ^{3,5/}. Возможные значения спина - 1 или 2.

Уровень 2440 выявился в спектре сумм ^{2/} и в совпадениях (γ 512) (γ 1940) ^{3,5/}.

Уровень 2623 кэв определяется четырьмя переходами, объясняет появление пика в спектре сумм ^{2/} и совпадения (γ 512) (γ 2100) ^{3,5/}; (γ 615) (γ 1500) ^{5/} и (γ 1050) (γ 1080) ^{2,5/}.

Уровень 2823 введен по трем γ -переходам. Он проявился в спектре сумм и в совпадениях (γ 512) (γ 2360) ^{3,5/}.

Баланс интенсивностей γ -переходов позволил определить интенсивность β -распада на различные уровни ^{106}Pd и значения $lgft$. При этом использовались данные ^{7/}, согласно которым через переход 511,8 кэв идет 22% всех распадов.

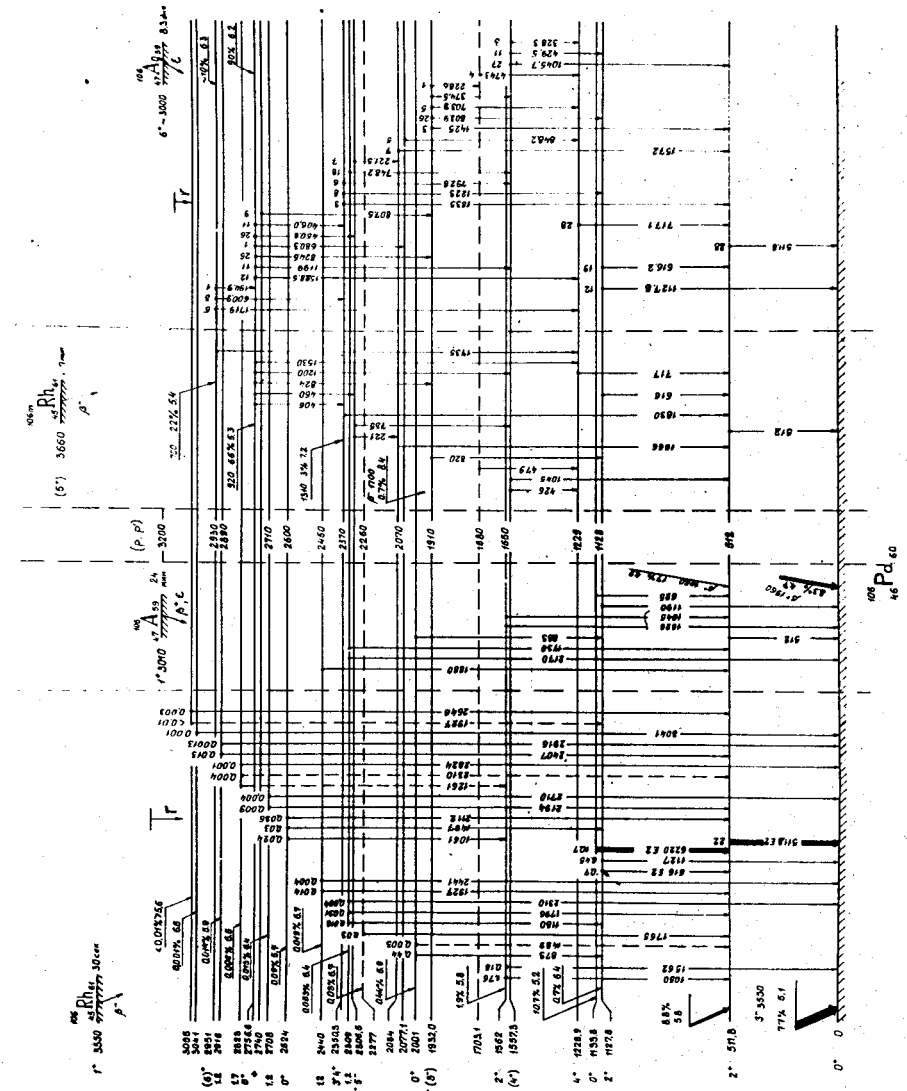
Интересно отметить близкие значения $lgft$ β -переходов на основное состояние и на двухфонный уровень 1134 кэв. Приведенные вероятности переходов на уровни 2^+ на порядок меньше. Эти факты требуют объяснения с точки зрения вибрационной модели.

Л и т е р а т у р а

1. Е.П. Григорьев, А.В. Золотавин, Ю.С. Егоров, В.О. Сергеев, М.И. Совцов. Изв. АН СССР (сер. физ.) **28**, 721 (1985).
2. S.Y. Ambie, R.P. Sharma. Nucl. Phys., **29**, 657 (1962).
3. R.L. Robinson, F.K. McGowan. Phys. Rev., **119**, 1692 (1960).
4. R.L. Robinson, P.H. Stelson, F.K. McGowan, J.L.S. Ford, W.T. Milner. Nucl. Phys., **74**, 281 (1965).
5. O.J. Segaert, J. Demuyck, A.M. Hoogenboom, H. van den Bold. Nucl. Phys., **16**, 138 (1960).
6. E. Klema, F.K. McGowan. Phys. Rev., **92**, 1469 (1953).
7. А.Н. Силантьев. Диссертация ЛГУ (1962).

Таблица 1
Энергии и относительные интенсивности γ -переходов в ^{106}Pd

E_γ , кэВ		I_γ		
Наст. раб.	/4/	Наст. раб.	/2/	/3/
1	2	3	4	5
5II.8±0.2	5II.6±0.5	I000	I000	I000
6I6	6I6.2±0.9	34±4	440	5I0
622.0±0.2	622.2±0.5	485±I0		
873	873.5±0.7	20±I	I7	I8
I050	I049.8±0.7	80±5		68
I06I	-	I.I±0.2	62	
III3		0.64		
II27	II27.4±0.7	20.5	I9	24
II80		0.84		
II93		2.7		
(I26I)		0.I4	I.I	
I498		I.2	4	
I562	I562.5±I.I	7.2	4.9	6.3
(I568)		I		
(I606)		0.I		
(I732)		0.2		
I766		I.3		
I797		I.2	I.9	I.9
I928		0.60		
I988		I.0	I.3	I.0
2II2		I.5	I.5	I.3
2I95		0.2		
23II		0.3		
23I7		0.3	2.0	I.7
2366		0.79		
2392		0.I3		
2405		0.49		
244I		0.I3	0.47	
2546		0.I0		
I577		0.046		
262I		0.038	0.I8	0.3
27I2		0.I8		
2824		0.055	0.I6	



γ -СПЕКТРЫ ^{126}Sb , ^{140}Ba , ^{140}La

Н.М. Антоньева, Я. Врзал, Б.С. Желепов, Г.С. Катыхин, Я. Липтак, Я. Урбанец

Ленинградский государственный университет
Объединенный институт ядерных исследований

Исследование γ -спектров радиоактивных изотопов производилось нами при помощи полупроводникового γ -спектрометра^{/1/} с разрешающей способностью 5 кэв. Эффективный объем детектора - 5 см^3 , толщина чувствительного слоя - 6 мм.

γ -спектр ^{126}Sb

γ -спектр ^{126}Sb изучался многими авторами^{/2-4/}. Однако большинство работ выполнено при помощи сплитциллионной техники. Только в работе Манна и др.^{/4/} был исследован γ -спектр ^{126}Sb методом фотоэлектронов, но с очень толстым радиатором ($12\text{ мг/см}^2\text{ Pb}$).

Исследования производились с источником, который получался химическим выделением из олова, облученного нейтронами, и использовался ранее в работе^{/5/}.

Наиболее точное определение энергии γ -переходов произведено в работе Мазеца и Сергеевкова^{/6/}. Авторы исследовали на призмном β -спектрометре при разрешении 0,08% спектр конверсионных электронов. Значения энергии γ -переходов, определенные в этой работе, приняты нами.

На рис. 1 представлен общий вид γ -спектра ^{126}Sb , а на рис. 2 и 3 - отдельные участки спектра.

γ -спектр измерялся нами, начиная с ≈ 75 кэв. В табл. 1 произведено сравнение относительных интенсивностей γ -переходов. γ -линии с энергиями 108,27 и 111,0 кэв нами не разрешены, и дается суммарное значение. В работе^{/4/} интенсивность этой группы входит, по-видимому, и интенсивность γ -линии с энергией 116,87 кэв. Этот переход впервые был введен из анализа γ - γ -совпадений Лазаром^{/7/} и подтвержден в работе^{/8/}. Группа γ -линий с энергиями 172,80; 176,29 и

178,68 кэв нами не разрешена и дается суммарная интенсивность. Интенсивности γ -линий с энергиями 204,07 и 208,12 кэв даны суммарно, а также произведена попытка разложения этой группы. γ -переходы с энергиями 122,4 и 489,8 кэв нами не наблюдались. Верхний предел интенсивности этих γ -линий - 0,1% относительно интенсивности γ -линии 427,95 кэв. На рис. 1 стрелкой отмечено положение γ -линии с энергией 652 кэв. Верхний предел интенсивности γ -перехода с такой энергией, который мог бы быть замечен нами, составляет 1,5% от интенсивности γ -линии 671,66 кэв или 0,1% от интенсивности γ -линии 427,95 кэв.

Нами была произведена попытка определения коэффициентов внутренней конверсии (КВК) некоторых γ -переходов. В табл. 2 дана сводка относительных интенсивностей К-конверсионных линий. Для определения КВК мы воспользовались значениями относительных интенсивностей К-конверсионных электронов, определенных в работе^{/8/}.

Для определения КВК необходимо связать шкалы относительных интенсивностей конверсионных электронов и γ -лучей, приняв α_k для одного или нескольких переходов с хорошо известной мультипольностью. Из предыдущих исследований излучения ^{126}Sb известно, что переходы 463,51 и 600,79 кэв являются чистыми Е2 переходами^{/8/}. Мы для определения КВК использовали в качестве известного значения КВК значения как для перехода 463,51 кэв, так и для перехода 600,79 кэв. Результаты приведены в табл. 3.

γ -спектр ^{140}Ba

Для изучения γ -спектра ^{140}Ba препарат Ba , полученный по реакции деления, очищался от дочернего продукта ^{140}La . Очистка производилась методом распределительной хроматографии на фторопласте-4 с ди-Н - октилфосфорной кислотой в качестве неподвижной фазы. При пропускании через колонку раствора $\text{Ba} - \text{La}$ в $\leq 0,1$ нормальной кислоте лантан количественно удерживается на колонке, а барий проходит без поглощения.

γ -спектр ^{140}Ba изучался спустя ≈ 30 минут после выделения La . Небольшой процент лантана оставался, но сравнение чистого лантанового γ -спектра, бариевого γ -спектра в равновесии с лантаном и бариевого γ -спектра, очищенного от лантана, позволило сделать однозначные заключения о принадлежности γ -переходов распаду Ba или La .

γ -спектр Ba был исследован, начиная с ≈ 90 кэв. На рис. 4 представлен общий вид γ -спектра ^{140}Ba с примесью ^{140}La , а на рис. 5 - участок 100-150 кэв. В табл. 4 даны наши данные об относительных интенсивностях γ -лучей ^{140}Ba и произведено сравнение с более ранними работами. Значения энергии переходов, известных ранее, взяты из работы Гейгера^{/10/}. Энергии вновь обнаруженных переходов опре-

делены нами и отмечены в таблице звездочкой. Всего нами обнаружено 8 новых слабых γ -переходов. γ -переход ^{140}Ba с энергией 132,7 кэВ накладывается на γ -переход 130,8 кэВ ^{140}La . При определении интенсивности γ - 132,7 кэВ мы вычитали вклад, вносимый переходом γ - 130,8 кэВ. Как видно из таблицы, только для самых интенсивных γ -переходов наблюдается согласие с литературными данными.

γ - спектр ^{140}La

γ -спектр ^{140}La изучался многими авторами /15/ и различными методами. Использование полупроводникового γ -спектрометра для изучения γ -спектра ^{140}La произведено впервые. Препарат ^{140}La получался хроматографическим выделением из ^{140}Ba . γ -спектр снимался в интервале энергии от ≈ 80 до ≈ 3000 кэВ. На рис. 6 представлен общий вид γ -спектра ^{140}La , а на рис. 7, 8 и 9 - наиболее интересные участки этого спектра. В таблице 5 произведено сравнение относительных интенсивностей γ -лучей ^{140}La , полученных нами, с последними работами /16-18/.

Для определения относительных интенсивностей жестких γ -лучей ^{140}La γ -спектр снимался с 4-миллиметровым свинцовым фильтром. Связь различных участков спектра производилась по γ -линиям 815 и 1598 кэВ. Подтверждены некоторые малоинтенсивные γ -переходы, обнаруженные в спектре конверсионных электронов /19/.

Л и т е р а т у р а

1. Я. Урбанец. Доклад на XVI ежегодном совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Москва, 1966.
2. Б.С. Джелепов, Л.К. Пекер. Схема распада радиоактивных ядер. Изд-во АН СССР, 1963.
3. G. Chandra, V.R. Pandharipande. Nucl. Phys., 46, 119 (1963).
4. K.C. Mann, F.A. Payne, R.P. Chaturvedi. Can. J Phys., 42, 1700 (1964).
5. Н.М. Антонова, Г.С. Катыхин. Вестник Ленинградского университета № 4, 53 (1964).
6. Е.П. Мазец, Ю.В. Сергеев. Программа и тезисы докладов XVI ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Москва, 1966, 23.
7. Lasar. Phys. Rev., 102, 1058 (1956).
8. R.S. Narcisi. N.S.A., 13, 2873 (1959).
9. Л.А. Слив и И.М. Банд. γ -лучи. Изд-во АН СССР, 1961, 318.
10. J.S. Geiger, R.L. Graham, G.T. Ewan. Bull. Amer. Phys. Soc., 6, 71 (1961).
11. P. Boskma, H. De-Waard. Nucl. Phys., 14, 145 (1956).
12. А.Н. Силантьев. ЖЭТФ, 34, 569 (1958).

13. Y.K. Agarwal, C.V.R. Bada, S.K. Bhattacharjee. Nucl. Phys., 58, 641 (1964).

14. J. Burde, M. Rakavy, C. Adam. Nucl. Phys., 68, 561 (1965).

15. Б.С. Джелепов, В.П. Приходцева, Ю.В. Хольнов. Изобарные ядра с массовым числом $A=140$, серия "Свойства атомных ядер", Изд-во АН СССР, 1960.

16. В.П. Приходцева, Ю.В. Хольнов. Изв. АН СССР, серия физ., 22, 176 (1958).

17. P.G. Hansen, K. Wilsky. Nucl. Phys., 30, 405 (1962).

18. L. Simons, K.S. Nysten, P. Holmberg, H. Yunger, A. Autill, S. Bergstrom, E. Hagev. Acta Polytechnica Scandinavica, U.D.C. 539.173.8; 546, 36 (1963).

18. Н.М. Антонова, Б.С. Джелепов, Г.С. Катыхин, Л.С. Червинская. Программа и тезисы докладов XVI ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Москва, 1966, стр. 32.

Т а б л и ц а 1
Относительные интенсивности γ -лучей ¹²⁵Sb

№№ п/п	Энергия перехода (кэВ)	Лазар (1856)	Нарцисс (1858)	Мэнн и др. /4/ (1964)		Наши данные				
				из одн. спектр.	фото-элект. данные					
1	2	3	4	5	6	7				
1.	35.45	-	-	-	-	-				
2.	82.0	-	-	-	-	0.096±0.009				
3.	109.27			} 2.4±1.0	}	0.95±0.06				
4.	111.0									
5.	116.97	1.4 *)			-	1.15±0.09				
6.	122.4			-	-	-				
7.	172.60	} 0.6 *)	} 21.2	} 23±2	}	23.2±0.8				
8.	176.29									
9.	178.78					I9				
10.	204.07	0.8 *)				0.9±0.1				
11.	208.12	} <2	}	} 2.9±1.0	}	0.7±0.1				
12.	227.77					0.6 *)	-	-	-	0.47±0.04
13.	321.13	0.88 *)	2.6±0.9	4.7±1.0	-	1.35±0.10				
14.	380.51	3.8	3.99±0.8	4±1	4±1	5.1±0.2				
15.	408.07	-	-	-	-	0.7±0.1				
16.	427.95	100	100	100	100	100				
17.	443.62	-	-	-	-	0.97±0.09				
18.	463.51	31	32.5±2	31.5±3.0	31.5±3.0	33.0±1.0				
19.	489.8	-	-	-	-	-				
20.	600.79		61.7±3	53±4	100	57.7±0.5				
21.	606.82	88	16.8±1.7	18±2	33.5±4.0	17.6±0.6				

1	2	3	4	5	6	7
22.	636.15	23	35.7±2.5	36±3	68±6	38.3±0.9
23.	(652)	-	< 2.5	2.7±1.3	5±2.5	-
24.	671.66	-	6.2±1.5	6±2	11±4	6.0±0.4

*) Из данных по совпадениям.

Таблица 2

Относительные интенсивности К-конверсионных электронов у-переходов ¹²⁵Sb

№№ п/п	λ (кэВ)	Антонова и Катыхин /Б/ (1984)	Мани и др. /А/ (1984)	Мазеп и др. /В/ (1988)
1.	35.45	-	-	-
2.	82.0	-	-	3
3.	109.27	-	} 3560±200	-
4.	111.0	-		10±3
5.	116.97	-		6.2±0.7
6.	122.4	-		3±1
7.	172.60	} 280		5.4±0.5
8.	176.29		270±15	260±15
9.	178.78		2,0±0.5	
10.	204.07	≤ 5	-	7.8±0.4
11.	208.12	-	-	6.5±0.4
12.	227.77	-	-	3.3±0.5
13.	321.13	≤ 5	-	1.3±0.4
14.	380.51	8	8±3	6.1±0.6
15.	408.07	-	-	0.9±0.2
16.	427.95	100	100	100
17.	443.62	-	-	1.2±0.3
18.	463.51	26	24.5±2.0	26.7±1.0
19.	489.8	-	-	0.6±0.2
20.	600.79	25	21.6±2.0	21.7±0.4

	1	2	3	4	5
21.	606.82	2.6	5.7±1.0	5.6±0.5	
22.	636.15	14	13.4±1.0	13.3±0.7	
23.	652	-	0.7±0.3	-	
24.	671.66	1.3	1.5±0.4	1.7±0.3	

Таблица 3
 Определение мультипольности ядерных переходов ¹²⁵Sb по величине α_K

№№ п/п	γ , (кэВ)	Эксперимен- тальные зна- чения	Теоретические значения α_K /8/								Предполагаемая мультипольность
			E1	E2	E3	E4	M1	M2	M3	M4	
1.	82.0	0.35	0.29	2.2	I3	87	I.1	I5	89	650	E1; 99%E1+1%M2
2.	116.97	0.06±0.2	0.11	0.74	3.9	20	0.39	3.3	21	140	E1
3.	204.07	0.096±0.020	0.023	0.11	0.47	1.9	0.082	0.45	2.2	10	50% E2 + 50%M1
4.	208.12	0.103±0.020	0.022	0.10	0.44	1.7	0.070	0.42	2.0	9.1	E2
5.	227.77	0.077±0.015	0.017	0.077	0.31	1.2	0.051	0.31	1.4	6.0	E2
6.	321.13	0.011±0.004	0.0068	0.026	0.087	0.28	0.024	0.10	0.37	1.3	96%E1+4% M2
7.	380.51	0.013±0.002	0.0045	0.015	0.046	0.14	0.016	0.060	0.20	0.63	E2, M1
8.	408.07	0.14±0.04	0.0037	0.012	0.036	0.11	0.013	0.048	0.15	0.47	E4, M3
9.	427.95	0.011±0.002	0.0033	0.011	0.035	0.087	0.012	0.043	0.13	0.38	E 2 + M I
10.	443.62	0.014±0.004	0.0031	0.0097	0.027	0.077	0.011	0.038	0.11	0.33	M1
11.	463.51	0.0086 (при- нято)		0.0086							E2 - принято
12.	600.79	0.0043 (при- нято)		0.0043							E2 - принято
13.	606.82	0.0035±0.0006	0.0015	0.0042	0.011	0.025	0.0049	0.015	0.038	0.095	E 2
14.	636.15	0.0038±0.0006	0.0013	0.0037	0.0094	0.021	0.0044	0.013	0.033	0.079	E 2 + M I
15.	671.66	0.0031±0.0006	0.0012	0.0032	0.0080	0.018	0.0039	0.011	0.027	0.065	E 2

Таблица 4
 Относительные интенсивности γ -лучей ¹⁴⁰Ba

№№ п/п	E_γ (кэВ) /10/	Босма и др./11/ 1958	Силантьев /12/ 1958	Агарвол и др./13/ 1984	Бурде и др./14/ 1985	Наши Данные
1.	13.85				9.2	
2.	29.97	70			100	
3.	118.8					0.20±0.02
4.	132.7		5.5	6		0.7±0.1
5.	144(ж)	18				0.16±0.04
6.	162.7		40	28		26±1
7.	177(ж)					0.8±0.2
8.	304.9	12	18	24		18±1
9.	423.8	18	18	19		13.3±0.7
10.	437.6					9.6±0.6
11.	466(ж)					0.9±0.3
12.	498(ж)					1.8±0.8
13.	512(ж)					1.1±0.3
14.	537.3	100	100	100		100
15.	602(ж)					2.7±0.9
16.	637(ж)					1.3±0.5
17.	661(ж)					3.1±0.8

*/ Энергия определена нами.

Таблица 5
Относительные интенсивности γ -лучей ^{140}La

№№ п/п	Принятое значение γ (кэв)	Приходцева /18/ 1958	Хансен и др. /17/ 1960	Сямонс и др. /18/ 1963	Наши данные
1	2	3	4	5	6
1.	109				0.23±0.02
2.	130.8				0.45±0.02
3.	148.4				0.10±0.03
4.	173.1				0.17±0.06
5.	221				0.12±0.03
6.	241				0.45±0.02
7.	265.5				0.50±0.02
8.	308				0.10±0.02
9.	328.6	21±2		19	20.0±0.5
10.	(337)				(0.07±0.10)
11.	390				0.15±0.05
12.	400				0.15±0.05
13.	436	2,5±0.1		0.4	3.0±0.4
14.	447				0.05±0.02
15.	487	41.9±2.0		44	46.0±1.6
16.	512				0.23±0.02
17.	574				4.0±0.3
18.	588				1.4±0.3
19.	605				1.0±0.2
20.	640	I		I	-
21.	730				0.05±0.02
22.	752	} 3,4±0.4		} 5	4.7±0.2

1	2	3	4	5	6
23.	802				0.30±0.05
24.	815	19.6±1.0		22	24.8±0.7
25.	868	5.3±0.5		5	5.9±0.3
26.	903	0.8			0.15±0.03
27.	920	} 9.6±0.6	}	9.5	2.8±0.2
28.	926				6.8±0.3
29.	(937)				(0.10±0.03)
30.	952				0.60±0.04
31.	1082				1.7±0.5
32.	1120			I	-
33.	1596	100	100	100	100
34.	1680			I	-
35.	1840				0.4±0.2
36.	1880		0.15		0.2±0.1
37.	2348				0.8±0.2
38.	2386	0,78±0.05	0.86	0.5	0.8±0.3
39.	2520	3.7±0.2	3.0	4	3.1±0.1
40.	2543				0.1±0.1
41.	2893	0.08±0.03	0.082	0.15	0.09±0.02
42.	2940				0.02±0.01
43.	3100		0.35		
44.	3250		0.005		

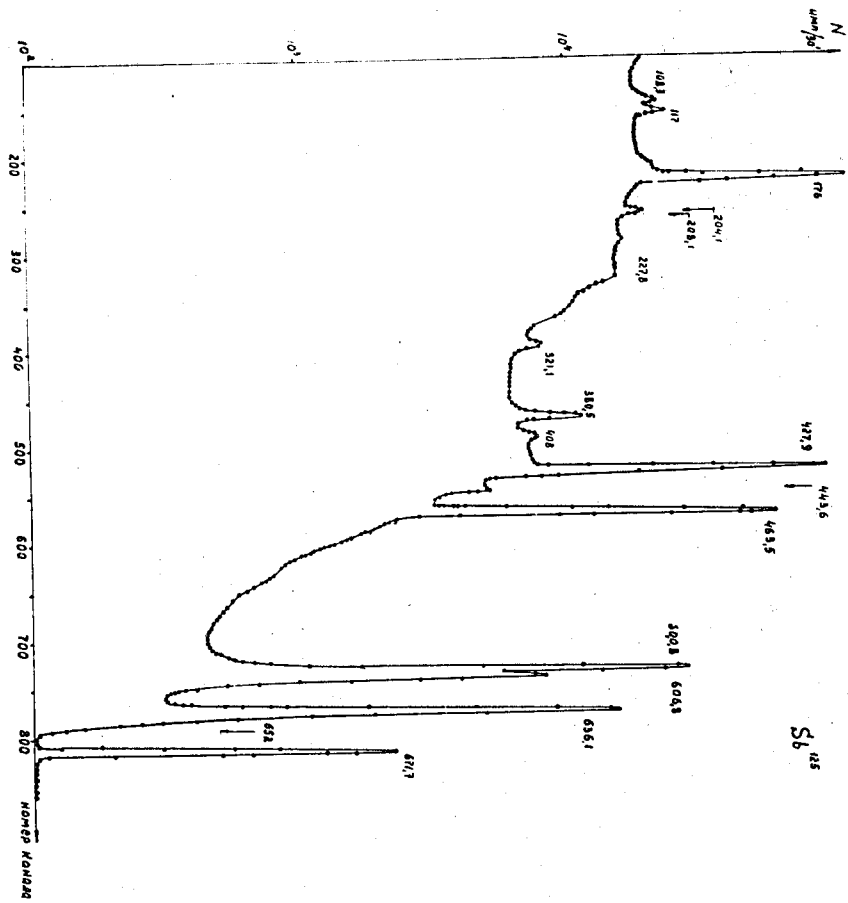


Рис. 1. Общий вид γ -спектра ^{125}Sb .

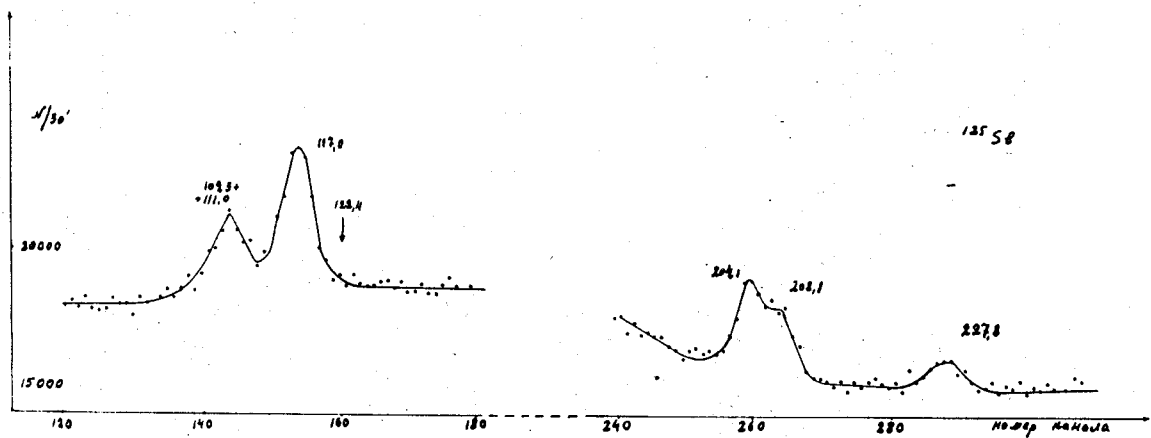


Рис. 2. Участок γ -спектра ^{125}Sb . Стрелкой указано положение γ -линии с энергией 122,4 кэВ.

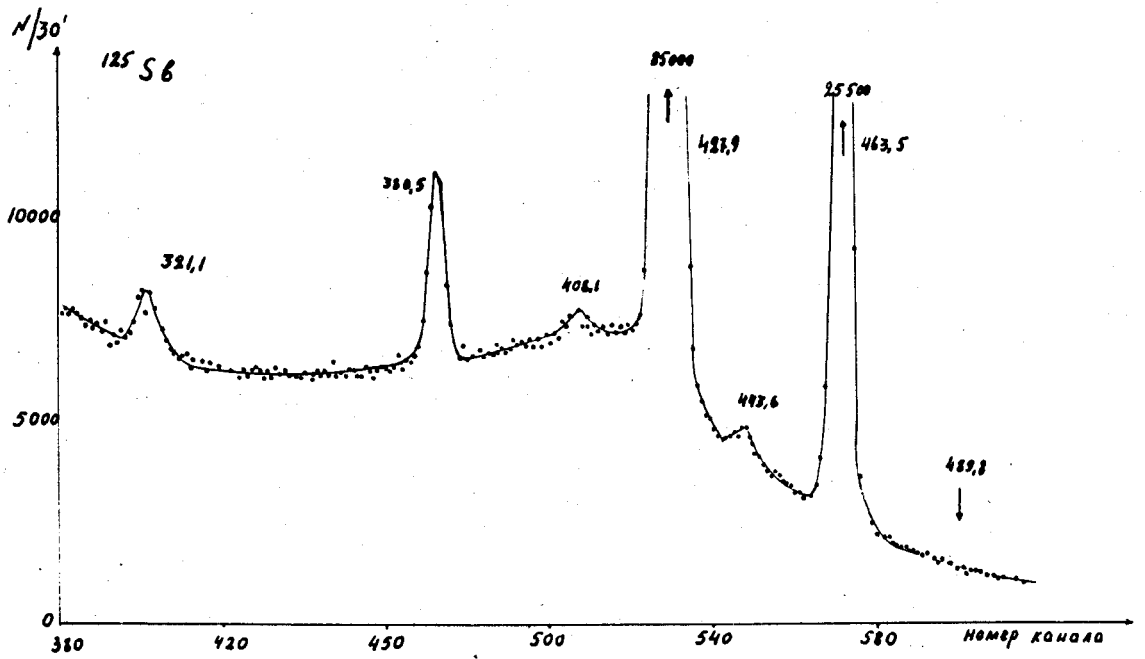


Рис. 3. Участок γ -спектра ^{125}Sb в интервале энергии 300–500 кэв. Стрелкой указано положение γ -линии с энергией 488,8 кэв.

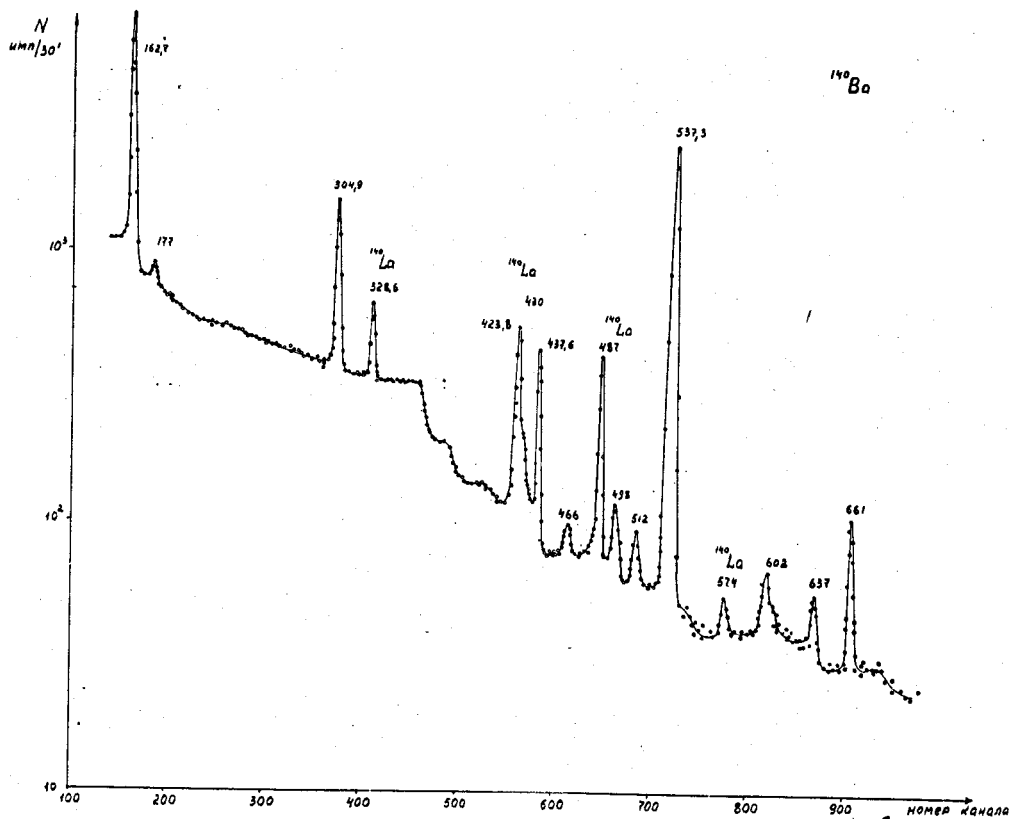


Рис. 4. Общий вид γ -спектра ^{140}Ba .

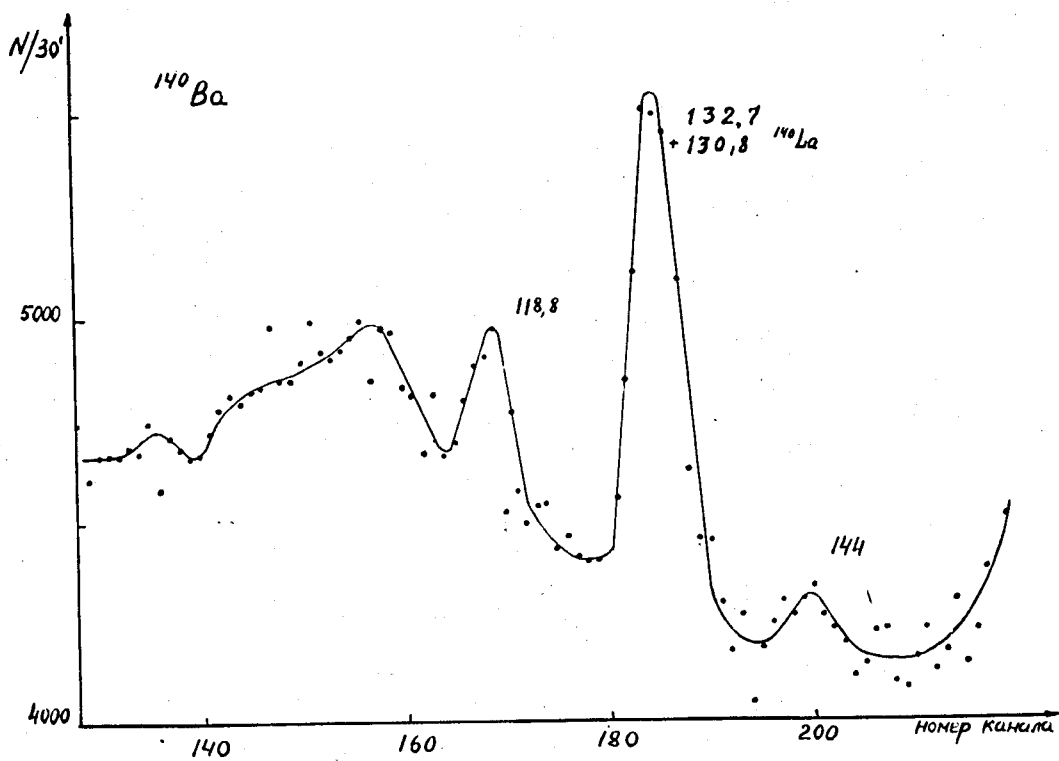


Рис. 5. Участок γ -спектра ^{140}Ba в интервале энергии 100-150 кэв. Под γ -линией с энергией 132,7 кэв ^{140}La лежит γ -линия с энергией 130,8 кэв, принадлежащая ^{140}La . Доля интенсивности этой примеси ^{140}La в данной серии 25%.

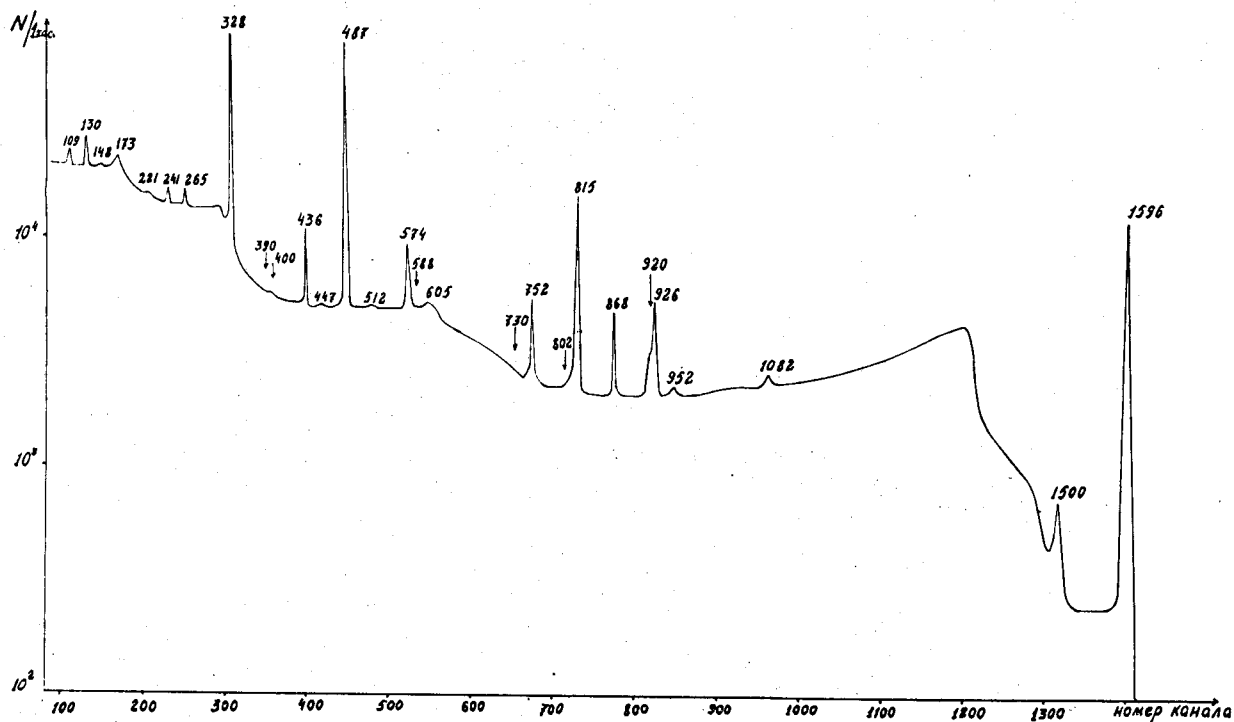


Рис. 6. Общий вид γ -спектра ^{140}La в интервале энергии 100-1600 кэв.

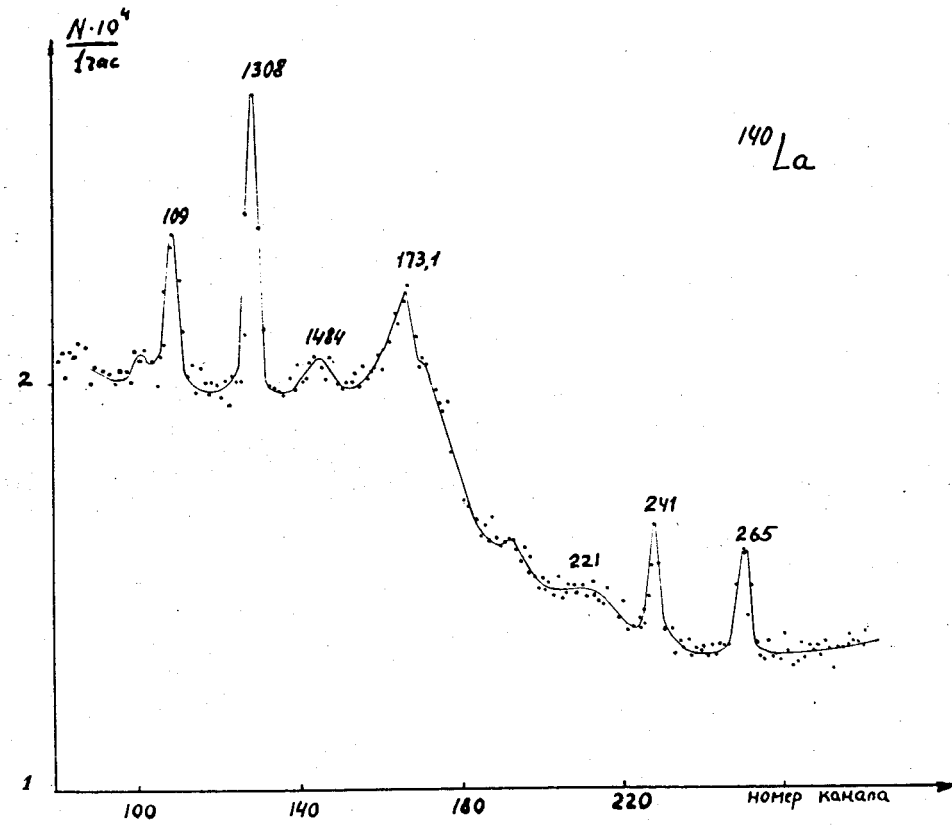


Рис. 7. Участок γ -спектра ^{140}La в интервале энергии 100-300 кэв.

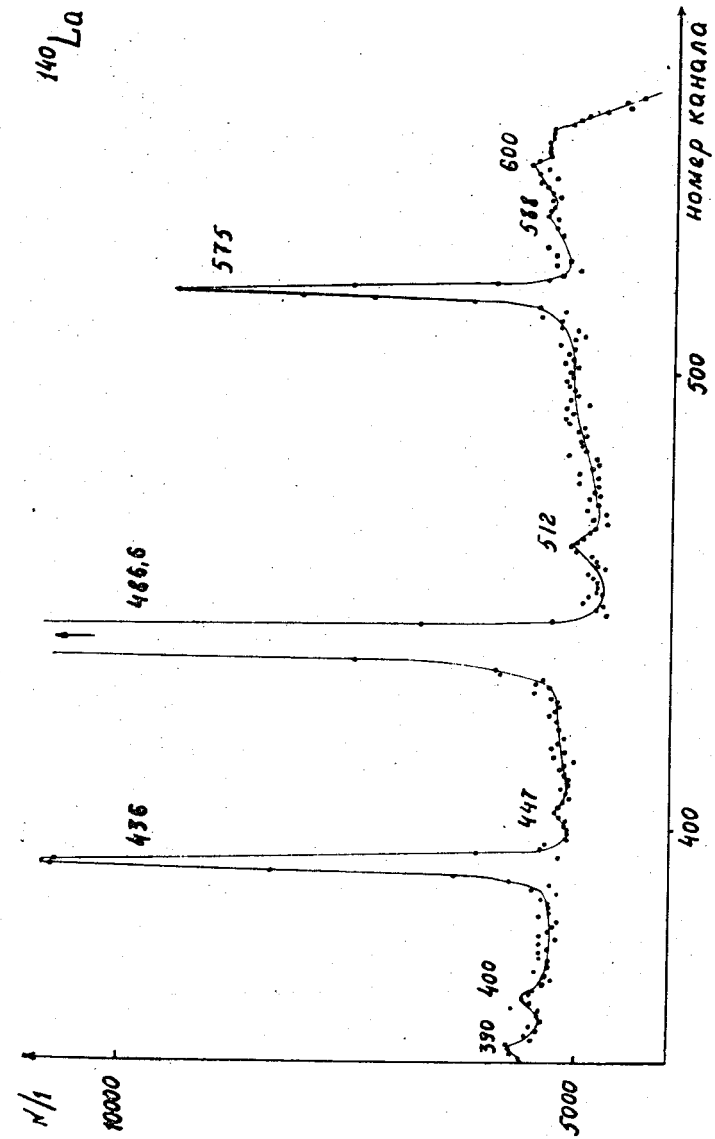


Рис. 8. Участок γ -спектра ^{140}La в интервале энергии 400-600 кэв.

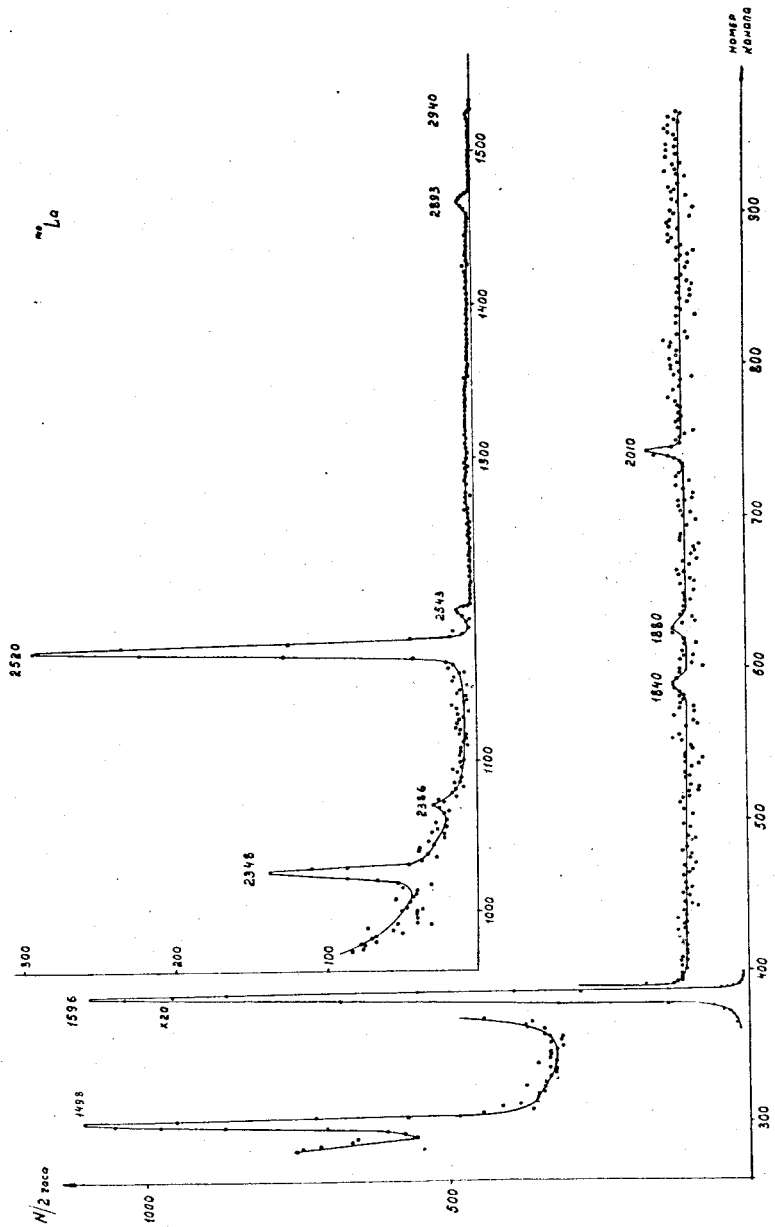


Рис. 8. Участок γ -спектра ^{140}La в интервале энергии 1400-300 кэв. Пики с энергиями 1498 и 2010 кэв являются пиками вылета в результате парной конверсии γ -лучей 2520 кэв.

γ -ИЗЛУЧЕНИЕ $^{110\text{m}}\text{Ag}$

Н.М. Антонова, Я. Вразал, Б.С. Желелов, Я. Липтак, Л.Ф. Протасова, Я. Урбанец

Ленинградский государственный университет
Объединенный институт ядерных исследований

γ -излучению, возникающему в результате активации серебра нейтронами, посвящено много работ /1-12/; в некоторых из них достигнута высокая точность измерения энергий /10,11/.

Естественная смесь изотопов серебра содержит 51,35% ^{109}Ag и 48,65% ^{107}Ag /13/, на которых при активации тепловыми нейтронами происходят реакции $^{109}\text{Ag}(\text{n}, \gamma)^{110\text{m}}\text{Ag}$, $^{107}\text{Ag}(\text{n}, \gamma)^{108}\text{Ag}$, $^{107}\text{Ag}(\text{n}, \gamma)^{108\text{m}}\text{Ag}$.

В последние годы в результате тщательных исследований обнаружен сложный спектр мягкого γ -излучения этих искусственнорадиоактивных ядер /14,15/.

Разработанные в последнее время полупроводниковые γ -детекторы, обладающие хорошим энергетическим разрешением, открывают новые возможности в исследовании спектров γ -излучения этих ядер.

В настоящей работе γ -излучение $^{110\text{m}}\text{Ag}$ исследовано на полупроводниковом спектрометре коаксиального типа с разрешающей способностью от 5 до 7 кэв. Толщина чувствительного слоя равна 6 мм, эффективный объем - 5 см³.

В нашем распоряжении имелось три источника, полученных по реакции (n, γ) , но различной давности облучения; они имели различное содержание изотопов: один - "молодой" источник $^{110\text{m}}\text{Ag}$ и два - обогащенные ^{108}Ag .

Было произведено 6 серий измерений в интервале энергий от 60 до 3000 кэв. Спектры были измерены с применением комбинированного фильтра из 4 мм Pb + 2 мм Cu + 2 мм Al в жесткой части спектра и применением более тонких фильтров (2-4 мм Al при выявлении наиболее мягких γ -линий).

Всего в спектре удалось выделить 41 γ -линию, из них 33 отнесены к распаду $^{110\text{m}}\text{Ag} \rightarrow ^{110}\text{Cd}$ и 8-к распаду ^{108}Ag в ^{108}Pd .

Общий вид полученного γ -спектра представлен на рис. 1-3. Энергии обнаруженных γ -линий, их идентификация и относительные интенсивности, а также относительные интенсивности, полученные в других работах ^{/2,4-8,21/}, приведены в табл. 1. Погрешность определения относительных интенсивностей составляет 5-20 %.

В области от 60 до 430 кэВ нам удалось выделить 12 γ -переходов, интенсивность которых превышает 0,12% от I_{658} для ^{110m}Ag и 5 γ -переходов с интенсивностью $> 0,2\%$ от I_{434} для ^{108m}Ag .

В хорошо изученной области энергий 430-1500 кэВ мы наблюдали два новых перехода с энергиями 522 и 482 кэВ и интенсивностью $> 0,32\%$ от I_{658} , которые отнесли к Ag , и γ -переход с энергией 723 кэВ и интенсивностью 88,7% от I_{434} для ^{108m}Ag , который был замечен только Корком ^{/1/}.

Характер γ -спектра в области 500-600 кэВ позволяет предполагать наличие большого количества малоинтенсивных переходов, но имеющийся здесь комптоновский фон от интенсивных жестких линий затрудняет их выделение.

Используя полученные нами значения относительных интенсивностей γ -лучей и значения интенсивностей соответствующих К-конверсионных линий из последних работ ^{/11,15/}, можно определить мультипольность некоторых переходов в предположении, что для одного или нескольких из них она известна.

В работах ^{/2,3,5/} достоверно установлено, что переход $E_{\gamma} = 658$ кэВ является чистым переходом типа E2. Экспериментальный коэффициент конверсии на К-оболочке для этого перехода хорошо согласуется с теоретическим значением ^{/22/}. В работах ^{/8,11/} такие же заключения сделаны о переходах 884 и 837 кэВ.

Мы вычислили КВК для некоторых переходов относительно каждого из этих трех переходов, воспользовавшись теоретическими значениями a_{K658} , a_{K884} и a_{K837} для E2-переходов и результаты усреднили.

Табл. 3 и 4 иллюстрируют полученные нами a_K и мультипольности переходов, а также сравнение полученных a_K с результатами других работ ^{/8-8,11/}. Ошибка в вычислении a_K составляет 10-30%. Все переходы, кроме $h\nu = 1570$ кэВ, в пределах указанной точности могут быть отнесены к мультипольным смесям E1 + M2 или M1 + E2 или к обем.

Л и т е р а т у р а

1. J.M. Cork, W.C. Rutledge, A.E. Stoddard, W.J. Childs and J.M. Le Blanc. Phys. Rev., 80, 286 (1950).
2. K. Siegbahn. Phys. Rev., 77, 233 (1950).
3. Н.М. Антонова, А.А. Башилов, Б.С. Джелепов. Докл. АН СССР, 77, 41 (1951).
4. Б.С. Джелепов, Н. Жуковский, Ю. Хольнов. ДАН СССР, 77, 597 (1951).

5. R. Thomas, Jr., W. Whitener, C. Peacock. Bull. Am. Phys. Soc., 1, 86 ДЗ (1956).

6. Б.С. Джелепов, Н.Н. Жуковский, Ю.Г. Кондаков. Изв. АН СССР, сер. физ., 21, 973 (1957).
7. Н.М. Антонова, А.А. Башилов, Е.К. Кулаковский. ЖЭТФ, 37, 1947 (1959).
8. Н.А. Войнова, Б.С. Джелепов, Н.Н. Жуковский. Изв. АН СССР, сер. физ., 24, 278 (1960).
9. T. Katon and Y. Yoshizawa. Nucl. Phys., 32, 5 (1962).
10. T. Suter, P. Reyes. — Suter, W. Schhener and E. Aasa. Nucl. Phys., 47, 251 (1963).
11. W.B. Newbolt and J.H. Hamilton. Nucl. Phys., 53, 353 (1964).
12. J.A. Cookson and W. Darcey. Nucl. Phys., 62, 326 (1965).
13. Д.Тейлор. Нейтронное излучение и активационный анализ. Атомиздат, 1965.
14. В.В. Скляревский, Е.П. Степанов, Б.А. Обиняков. Атомная энергия, 5, 454 (1958).
15. J. Schintlmeister and L. Werner. Nucl. Phys., 51, 383 (1964).
16. Н.В. Эстулин, Л.Ф. Калинкин, А.С. Мемюранский. ЖЭТФ, 43, 1378 (1962).
17. Л.Ф. Каменкин, Н.В. Эстулин, А.С. Мемюранский. Изв. АН СССР, сер. физ., 28, 227 (1964).
18. Munich, F.K. Fricke and J. Koch. Zeitschrift für Physik, 181, 301 (1964).
19. А.Б. Берестовой, Д.М. Каминер, И.А. Кондуков. ЖЭТФ, 45 892 (1963).
20. А.М. Берестовой, И.А. Кондуков, Ю.Е. Логинов. Известия АН СССР, 30, № 2, 389 (1966).
21. A. Knipper. Proc. Phys. Soc., 71, 77 (1958).
22. Л.А. Слив, Н.М. Банд. γ -лучи. Изд-во АН СССР, 1961, 362.

Т а б л и ц а 1
Относительные интенсивности γ -лучей ^{110m}Ag и ^{108}Ag

№№ пп	Энергия перехода (кэв)	Зигбан /2/ 1950	Джелепов /4/ 1951	Томас и др. /5/ 1958	Джелепов и др. /8/ 1957	Клипер /21/ 1958	Антоньева и др. /7/ 1959	Войнова и др. /8/ 1950	Наши данные, 1969	
									^{110m}Ag	^{108}Ag
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I. 68									0.25±0.05	
2. 80 ^ж									1.7±0.1	1.6±0.4
3. 90									0.12±0.03	
4. I3I										3.4±0.6
5. I62 ^ж										2.3±0.5
6. I85 ^ж										2.1±0.5
7. I97 ^ж										0.20±0.05
8. 206 ^ж									0.32±0.08	
9. 2I7									0.13±0.04	
IO. 227									0.23±0.05	
II. 235									0.15±0.04	
I2. 254									0.30±0.09	
I3. 266									0.21±0.05	
I4. 363									0.8±0.2	
I5. 402										I00
I6. 434 ^ж						7	6.4±0.8	6±I	3.7±0.5	
I7. 446										

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I8. 482									0.32±0.06	
I9. 522									0.73±0.03	
20. 615 ^ж										89±3
2I. 620						I0	3.9±0.5	5±I	3.7±0.5	
22. 658	I00		I00	I00	I00	I00	I00	I00	I00	
23. 677	~I7						I0±I		I0.4±0.7	
24. 686					I3±2		7±I	I5±2	6.6±0.8	
25. 706	I7				I8±2	32	20±2	I8±2	I7.5±I.3	
26. 723 ^ж										99±4
27. 744					6±2			5±2	4.9±0.6	
28. 764	≥ I7				23±2	24	25±3	23±2	23.3±I.2	
29. 818	~6			7	9±I	6	8±I	6±I	8.2±0.4	
30. 884	8I			I00	75±4	75	78±8	74±4	79±3	
3I. 937	3I		I03	55	32±2	25	37±4	33±2	40±3	
32. I384	33		26	30	28±2	20	26±3	24±I	34±4	
33. I476					6±I		5±I	4±I	5.4±0.7	
34. I506	I7		22		I5±I	I3	I3±I	I3±I	I7±2	
35. I529									0.36±0.06	
36. I557									I.25±0.02	
37. I570					I.3±0.2			I.2±0.3	I.76±0.04	
38. I972									0.28±0.05	
39. 2070									0.04±0.01	
40. 2095									0.18±0.04	

* / Относятся к переходу

$^{108}\text{Ag} \rightarrow ^{108}\text{Pd}$

Таблица 2

Относительные интенсивности конверсионных линий ^{110m}Ag

№№ Конверсион-Автоньева и др. Катон и Ешизава Сьютер и др. Ньюболт и Шинтмейстер и
 пп ная линия /3/ /8/ /10/ Гамильтон, Вернер /15/
 1951 1962 1963 /11/ 1964
 1964

1	2	3	4	5	6	7
1. L 30.9						I200
2. L 38.5						(620)
3. K 65						(210)
4. K 68						(195)
5. K 94						(145)
6. K I01						I35
7. K II6				3I0±20		330
8. (K I2I)						(215)
9. (L I0I)						(55)
10. L II6	300			I50±10		290
11. (L I2I)						(90)
12. K I54						(37)
13. L I54						(27)
14. K I85						45
15. (K 206)						(30)
16. K 224						47
17. K 243						(35)
18. K 26I						47
19. L 26I						(35)
20. (K 330)						(19)
21. (L 330)						(~I0)
22. (K 380)						(I4.5)
23. K 446	I7	6.3±2.5	II±2	9.2±I.0		7
24. K 615	3.5}	5.1±I.I	I.0±0.3	I.2±0.4		
25. K 620			3.8±0.6	3.2±0.6		
26. K 658	I00	I00	I00	I00		I00
27. L			I3±4	I2±2		
28. M				4.0±I.0		
29. K 677		9.5±I.I	I3±4	II±2		
30. K 686	8	6.9±0.8	5.3±I.0	6.0±I.0		
31. K 706	I6	I4±2	I4±2	I6±2		(I6)

1	2	3	4	5	6	7
32. L+M			2.6±0.5	3±I	2.4±0.5	
33. K 744		3	4.6±0.3	4.5±0.9	4.0±0.4	
34. K 764		I6	16.2±0.5	17±2	16.5±0.5	I4.5
35. L			2.5±0.3	2.2±I.0	2.3±0.5	
36. M				1.3±0.6		
37. K 818		3.7	4.6±0.3	4.5±0.9	4.3±0.4	
38. K 884		32	38.5±0.8	39±3	37.0±0.8	33,5
39. L+M			6.1±0.5	5.1±0.6	5.6±0.5	
40. K 936		I3	14.7±0.5	17±2	14.9±0.5	(I3)
41. L+M			2.3±0.4		1.9±0.6	
42. K II44						(0.8)
43. K I25I						(0.7)
44. K I350						(I.I)
45. K I384		6,5	5.3±0.3	1.6±0.8	4.9±0.3	4.7
46. K I477		0.8	0.7±0.2			0.65
47. K I507		2.5	2.1±0.2			2.6
48. K I570						0.4
49. K I9I0						0.3
50. K 20I0						0.35
51. K 2070						0.3
52. K 2268						0.3
53. (K 2373)						(0.3)
54. (K 2465)						(0.2)
55. (K 2556)						(0.2)
56. K 2720						0.1

Т а б л и ц а 3
 Определение мультипольности ядерных переходов в ^{110}Cd

№№ п/п	Энергия перехода (кэВ)	Экспери- менталь- ные зна- чения a_k	Теоретические значения $a_k / 22/$						Предполагаемая мультипольность
			E1	E2	E3	M1	M2	M3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	68	2.2 (0)	3.9 (-1)	3.7 (0)	2.6 (+I)	1.1 (0)	1.4 (+I)		E1+M2; M1+E2
2	90	2.5 (-1)	1.9 (-1)	1.6 (+I)	1.0 (+I)	5.2 (-1)	5.8 (0)	4.8 (+I)	E1 + M2
3	227	8.9 (-1)	1.4 (-2)	6.8 (-2)	2.7 (-1)	4.2 (-2)	2.1 (-1)	9.8 (-1)	E1 + M2
4	254	5.0 (-1)	1.0 (-2)	4.6 (-2)	1.8 (-1)	3.2 (-2)	1.5 (-1)	6.4 (-1)	E1 + M2
5	266	4.5 (-1)	9.4 (-3)	4.1 (-2)	1.6 (-1)	2.9 (-2)	1.3 (-1)	5.4 (-1)	E1 + M2
6	446	7.3 (-3)	2.4 (-3)	8.1 (-3)	2.3 (-2)	7.8 (-3)	2.6 (-2)	7.8 (-2)	E1+M2; M1+E2
7	620	2.5 (-3)	1.1 (-3)	3.2 (-3)	8.0 (-3)	3.4 (-3)	1.0 (-2)	2.6 (-2)	E1 + M2
8	658			2.76 (-3)					E' 2 (принято)
9	677	3.0 (-3)	9.4 (-4)	2.5 (-3)	6.2 (-3)	2.8 (-3)	8.1 (-3)	1.9 (-2)	E1 + M2
10	686	2.6 (-3)	9.2 (-4)	2.4 (-3)	5.9 (-3)	2.7 (-3)	7.8 (-3)	1.8 (-2)	E1+M2; M1+E2
II	706	2.7 (-3)	8.5 (-4)	2.3 (-3)	5.4 (-3)	2.6 (-3)	7.2 (-3)	1.7 (-2)	E1+M2; M1+E2
12	744	2.4 (-3)	7.6 (-4)	2.0 (-3)	4.6 (-3)	2.3 (-3)	6.2 (-3)	1.4 (-2)	E1+M2; M1+E2
13	764	2.1 (-3)	7.2 (-4)	1.9 (-3)	4.3 (-3)	2.1 (-3)	5.7 (-3)	1.3 (-2)	E1+M2; M1+E2
14	818	1.5 (-3)	6.2 (-4)	1.6 (-3)	3.5 (-3)	1.8 (-3)	4.7 (-3)	1.1 (-2)	E1+M2; M1+E2
15	884	1.3 (-3)	5.3 (-4)	1.3 (-3)	2.8 (-3)	1.5 (-3)	3.8 (-3)	8.1 (-3)	E2 (принято)
16	937	1.1 (-3)	4.8 (-4)	1.2 (-3)	2.4 (-3)	2.4 (-3)	1.3 (-3)	6.8 (-3)	E2 (принято)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17.	1384	4.2 (-4)	2.4 (-4)	5.0 (-4)	9.8 (-4)	6.0 (-4)	1.3 (-3)	2.4 (-3)	E1+M2;
18.	1476	3.5 (-4)	2.1 (-4)	4.5 (-4)	8.3 (-4)	5.1 (-4)	1.1 (-3)	2.0 (-3)	E1 + M2
19.	1506	4.4 (-4)	2.0 (-4)	4.2 (-4)	7.8 (-4)	4.8 (-4)	1.0 (-3)	1.9 (-3)	E1+M2; M1+E2
20.	1570	9.8 (-4)	1.9 (-4)	3.9 (-4)	7.2 (-4)	4.5 (-4)	9.8 (-4)	1.6 (-3)	E2 + M3

Таблица 4
 Экспериментальные $\alpha_k 10^3$ для ядерных переходов в ^{110}Cd

№№ пп	Энергия переходов (кэв)	Джелелов и др. /6/ 1957	Антонова и др. /7/ 1959	Войнова и др. /8/ 1960	Ньюболт /11/ 1964	Наши данные, 1968
1	2	3	4	5	6	7
I	68					2200±400
2	90					250±50
3	227					890±150
4	254					500±100
5	266					450±70
6	446		7.3±1.5	8.1±1.9		7.3±1.7
7	620		2.5±0.5	1.9±1.0		2.5±0.4
8	658	2.76	2.7±0.3	2.76	2.64±0.10	2.76 ^x
9	677				2.9±0.4	3.0±0.7
10	686	1.7	3.1±0.6	2.5±0.9	2.3±0.4	2.6±0.5
11	706	2.45	2.2±0.4	2.4±0.4	2.0±0.2	2.7±0.6
12	744	1.38		1.6±1.2	2.3±0.9	2.4±0.4
13	764	1.92	1.8±0.4	2.0±0.3	1.85±0.15	1.1±0.3
14	818	1.13	1.3±0.3	1.6±0.3	1.4±0.3	1.5±0.2
15	884	1.18	1.2±0.3	1.2±0.1	1.35±0.07	1.3±0.2
16	937	1.10	1.0±0.2	1.1±0.1	1.17±0.07	1.1±0.2
17	1384	0.651	0.65±0.15	0.7±0.1	0.61±0.07	0.42±0.08
18	1476	0.367	0.44±0.10	0.5±0.2	0.52±0.15	0.35±0.06
19	1506	0.460	0.52±0.10	0.5±0.1	0.53±0.07	0.44±0.08

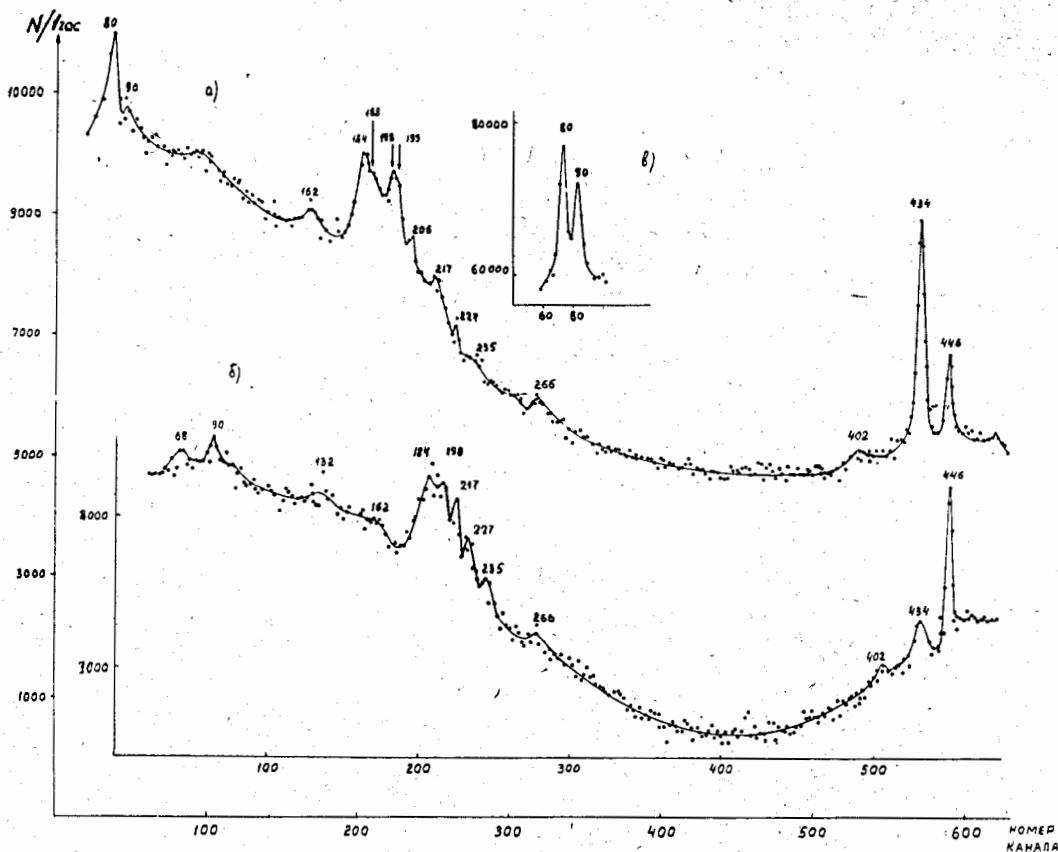


Рис. 1. Экспериментальные спектры γ -лучей $^{108}\text{Ag} + ^{110m}\text{Ag}$.

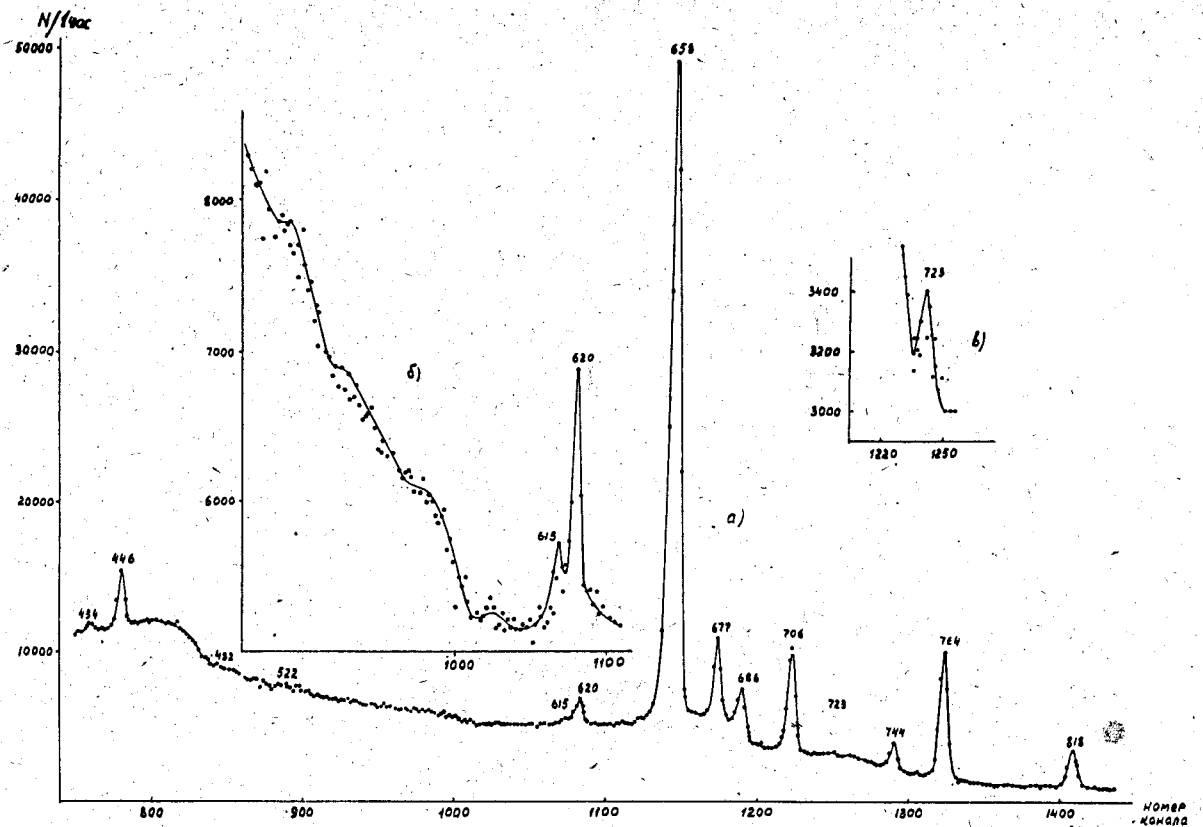


Рис. 2. Экспериментальные спектры γ -лучей $^{108}\text{Ag} + ^{110\text{m}}\text{Ag}$.

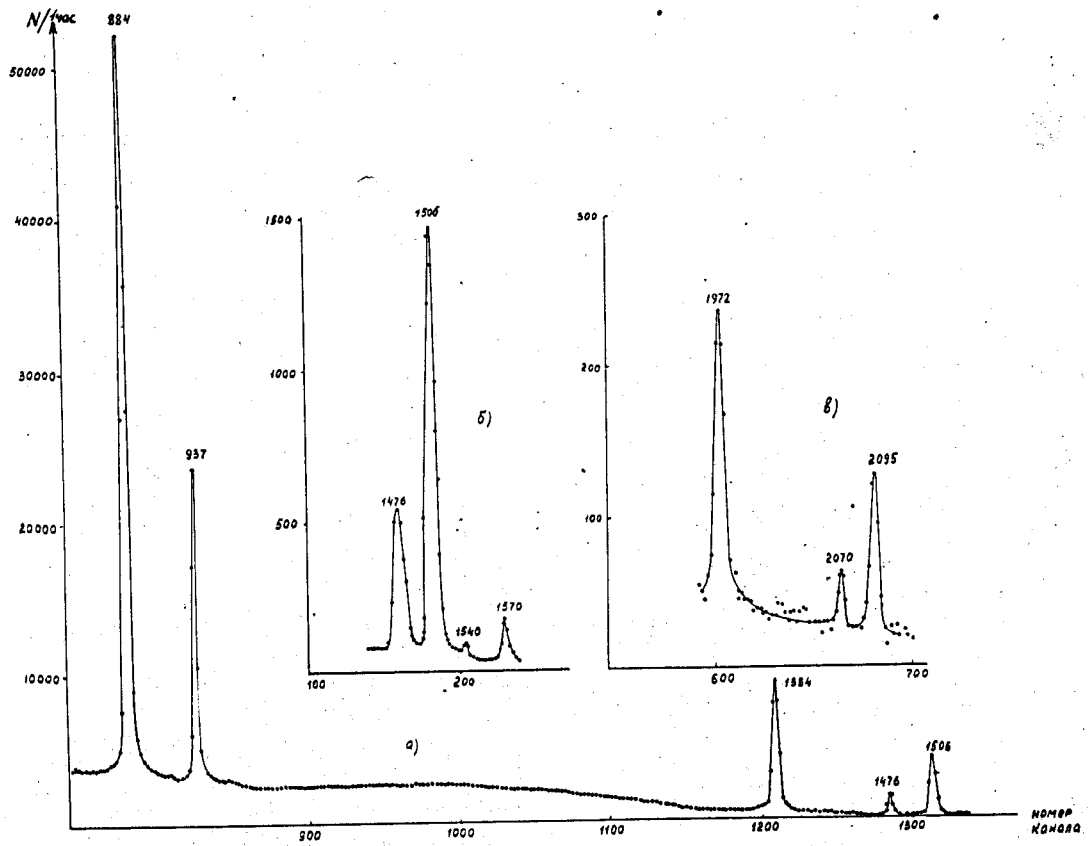


Рис. 3. Экспериментальные спектры γ -лучей $^{108}\text{Ag} + ^{110\text{m}}\text{Ag}$.