

1846

Экз. чит. зала

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P - 1846



К.Я. Громов, Д.А. Енчев, Ж.Т. Желев, И. Звольский,
В.Г. Калинин, В.В. Кузнецов, Ма Хо Ик,
Г. Музиоль, Хань Шу-жунь

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ РАСПАДА ТЬ¹⁵²

1964

P - 1846

К.Я. Громов, Д.А. Енчев, Ж.Т. Желев, И. Звольский,
В.Г. Калинин, В.В. Кузнецов, Ма Хо Ик,
Г. Музиоль, Хань Шу-жунь

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ РАСПАДА ТЬ¹⁵²

Направлено в журнал "Ядерная физика"

В в е д е н и е

Исследованию излучения Tb^{152} посвящено много работ. В 1959 году Тот, Фалер и Расмуссен ^{/1/} впервые обнаружили новый изотоп тербия с периодом полураспада $66,8 \cdot 10^3$ сек, полученный в реакциях $Eu^{152}(\alpha, 3n)$ и $Gd^{152}(p, n)$ и идентифицировали его путем точного определения энергии γ -перехода $344,1$ кэв, возникающего также в Gd^{152} при распаде Eu^{152} .

Идентификация Tb^{152} была затруднена тем, что этот изотоп имеет период полураспада, близкий к периодам полураспада двух других изотопов тербия — Tb^{151} и Tb^{154} . Теперь ясно, что излучение, возникающее при распаде Tb^{152} наблюдалось и в более ранних работах, посвященных исследованию нейтронодефицитных изотопов тербия, например, в работе Антоновой и др. ^{/2/}, но из-за близких периодов полураспада Tb^{151} , Tb^{152} и Tb^{154} идентификация изотопа Tb^{152} не была сделана. Близость периодов полураспада этих изотопов создает значительные трудности при исследовании схемы распада Tb^{152} .

Идентификация Tb^{152} была подтверждена в работах Бонч-Осмоловской и др. ^{/3/}, Басиной и др. ^{/4/} и Абдуразакова и др. ^{/5/}. В этих работах при изучении спектров конверсионных электронов и позитронов нейтронодефицитных изотопов диспрозия, образовавшихся в результате глубокого расщепления тантала протонами с энергией 660 Мэв, было обнаружено нарастание отдельных конверсионных линий и позитронов с периодом полураспада $9,0 \cdot 10^3$ сек, затем убывание их с периодом полураспада $\sim 65 \cdot 10^3$ сек. Этот факт установил генетическую связь обнаруженного излучения с изотопом Dy^{152} ($T_{1/2} = 9,0 \cdot 10^3$ сек) и, таким образом, подтвердилось существование нового изотопа Tb^{152} .

Спектр конверсионных электронов Tb^{152} исследовался в ряде работ ^{/2,4,5-13/}. Из этих работ следует, что спектр конверсионных электронов Tb^{152} очень сложен и простирается до энергий выше 2000 кэв. В работах ^{/1,6,8,9/} исследовался γ -спектр, однако из-за сложности последнего анализ его связан с большими трудностями, поэтому исследования γ -спектра Tb^{152} дали пока сравнительно мало сведений.

Спектр позитронов при распаде Tb^{152} изучался в работах ^{/3,10,15/}.

В работе Тота и др. ^{/8/} изучались $e^- - \gamma$ -совпадения при распаде Tb^{152} .

Авторами работы ^{/6/} доказано существование уровней с энергиями $344, 615, 755, 929, 1047, 1124$ и 1315 кэв с квантовыми характеристиками $2^+, 0^+, 2(4)^+, (1)2^+, 0^+, 3^-$ и 1^- , соответственно.

Громовым и др. /10,12/ схема распада Tb^{152} была дополнена, однако эти дополнения были основаны главным образом на совпадениях сумм энергий γ -переходов и являлись поэтому предположительными.

В настоящей работе продолжены исследования спектра конверсионных электронов и спектра позитронов Tb^{152} , исследовались также γ -спектр и спектры γ - γ - и β^+ - γ -совпадений. Частично экспериментальные результаты были уже доложены в работах /12,13/. На основании полученных данных предлагается схема распада Tb^{152} (рис. 12).

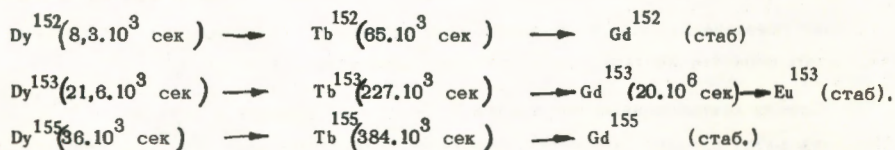
Экспериментальная часть

Изотоп тербия Tb^{152} мы получали при хроматографическом разделении редких земель из тантала, облученного протонами с энергией 660 Мэв. Нами было использовано для измерения два типа препаратов, содержащих Tb^{152} :

1) тербиевая фракция, т.е. сумма изотопов тербия, выделенных из танталовой мишени через 3-4 часа после конца облучения и

2) препарат тербия, выделенный из диспрозиевой фракции через 1-10 часов после выделения диспрозия из танталовой мишени. В тербиевой фракции обычно наблюдалось девять изотопов тербия - от Tb^{156} до Tb^{148} , при этом два из них (Tb^{154} и Tb^{151}) имеют период полураспада, близкий к периоду полураспада Tb^{152} . В связи с этим в отдельных случаях лучше было использовать препарат тербия, выделенный из диспрозиевой фракции.

Радиоактивные изотопы тербия возникают в диспрозиевой фракции по следующим генетическим цепочкам:



Оказалось, что в препарате тербия, выделенном из диспрозиевой фракции, содержится в основном Tb^{152} . А излучение, принадлежащее изотопам тербия Tb^{153} и Tb^{155} , легко идентифицировать по периоду полураспада.

В связи с этим при исследовании γ -спектра и спектров γ - γ - и β^+ - γ -совпадений использовались только препараты тербия, выделенные из диспрозиевой фракции.

В препаратах тербиевой фракции количество Tb^{152} было в 5-10 раз больше, чем в

тербия, выделенном из диспрозиевой фракции. Поэтому при исследовании тербиевой фракции удавалось получать более достоверные сведения об энергиях и интенсивностях конверсионных электронов и позитронов. Однако приписать надежно те или иные конверсионные линии изотопу тербия Tb^{152} удавалось только при изучении тербия, выделенного из диспрозиевой фракции.

152

Спектр конверсионных электронов Tb^{152} изучался с помощью β -спектрометра с трехкратной фокусировкой пучка электронов^{/14/}. Разрешающая способность прибора равна 1-2% и светосила-приблизительно 0,1%. Регистрация электронов в этом приборе производится включенными на совпадения счетчиками, помещенными в первом и третьем фокусах. Так как фоновый счет на этом приборе очень мал (1-2 имп/час), это позволило нам изучать очень слабые линии конверсионных электронов.

Данные о спектре конверсионных электронов в области энергий до 1800 кэв уточнены с помощью β -спектрометра с двойной фокусировкой, разрешение которого ~0,2% и точность определения энергий не хуже 0,1%. В этих опытах измерялись только линии конверсионных электронов, обнаруженные с помощью β -спектрометра с трехкратной фокусировкой. Систематическое исследование спектра конверсионных электронов на этом β -спектрометре не проводилось.

Результаты изучения спектра конверсионных электронов представлены в таблице 1. В этой таблице для сравнения приведены результаты работ Тота и др.^{/16/} и Харматца и др.^{/17/}.

Из таблицы видно, что наши результаты хорошо согласуются с данными этих работ. Помимо этого, нами обнаружен ряд новых γ -переходов. Спектр позитронов, возникающий при распаде Tb^{152} , изучался с помощью β -спектрометра с трехкратной фокусировкой. β -спектр Tb^{152} сложный и состоит, по крайней мере, из пяти компонент (см. рис. 1) с граничными энергиями (2800 ± 50) ; (1930 ± 50) ; (1300 ± 50) ; (850 ± 50) и (420 ± 50) кэв. Из этих данных получается энергия распада $Tb^{152} \rightarrow Gd^{152}$, равная 3820 ± 50 кэв, что хорошо согласуется с данными работы^{/16/}.

152

В таблице 2 приведены относительные интенсивности компонент β -спектра Tb^{152} .

Т а б л и ц а 2

E_{β^+} , кэв	2800 ± 50	1930 ± 50	1300 ± 50	850 ± 50	420 ± 50
J_{β^+} отн.	100	45	14	3,6	1,2

Интенсивность позитронов по отношению к интенсивности конверсионной линии 615 кэв равна 10,9.

Исследование γ -спектра и спектров двойных и тройных совпадений γ -лучей в Tb^{152} проводилось на установке, блок-схема которой изображена на рис. 2. Составными частями установки являются два автоматических одноканальных γ -спектрометра, 100-канальный амплитудный анализатор и медленно-быстрая схема совпадений. Электрические импульсы с выходов фотоумножителей поступают через катодные повторители на вход неперегружающихся линейных усилителей I, II, III с собственным временем нарастания $\sim 10^{-7}$ сек. Биполярно сформированные импульсы передаются с выходов усилителей на амплитудные дискриминаторы ДД и на схему совпадения. При переходе через ноль биполярных импульсов на входе схемы совпадений вырабатываются стандартные импульсы. В случае разрешения от амплитудных дискриминаторов ДД эти импульсы поступают на быструю схему совпадений. Разрешающее время схемы 2τ выбиралось от 10^{-8} сек до 10^{-7} сек. Нами использовались фотоумножители ФЭУ I и ФЭУ II с кристаллами $NaJ(Tl)$ размером $4,0 \times 4,0 \text{ см}^2$ и фотоумножитель типа M12 FS100 (ФЭУ III) с кристаллом $NaJ(Tl)$ размером $7,0 \times 5,0 \text{ см}^2$.

Энергетическое разрешение, измеренное по γ -линии 662 кэВ изотопа цезия Cs^{137} , составляло в тракте I приблизительно 8%, в тракте II - 10% и в тракте III - 11%.

На рис. 3 представлен в качестве примера один из разложенных спектров γ -лучей Tb^{152} , на рис. 4-10 представлены спектры γ -лучей, совпадающих с лучами с энергией 344, 271, 1110, 1320, 1606, 931, 511 кэВ, соответственно.

На рис. 11 приведен спектр γ -лучей, совпадающих с двумя γ -квантами с энергией 511 кэВ, образующихся в результате аннигиляции позитронов Tb^{152} . Гамма-лучи с энергией 511 кэВ регистрировались в трактах I и II (рис. 2).

Анализ спектров совпадений (двойных и тройных) проводился следующим образом:

Ставился эксперимент по совпадениям с пиком γ -лучей заданной энергии, затем дополнительно делались совпадения, в тех же условиях и при таком же времени экспозиции, с участком спектра за пиком со стороны больших энергий, чтобы оценить вклад совпадений от комптоновского распределения γ -лучей больших энергий. Второй спектр с поправкой на период полураспада Tb^{152} вычитался из первого. Этим способом полученный спектр γ -лучей разлагался на составляющие части, и затем полученные интенсивности γ -лучей (площади под пиками γ -лучей, поправленные на эффективность регистрации детектором $NaJ(Tl)$) были отнесены к числу $(N_1 - N_2 = N)$ импульсов, зарегистрированных в канале 1. В канале 1 регистрировались γ -лучи определенной энергии, с которыми исследовались совпадения γ -лучей спектра Tb^{152} .

В случае тройных совпадений ($\beta^+ - \gamma$) проводился фоновый опыт, т.е. ФЭУ I и ФЭУ II располагались не под углом 180° (рис. 2), а под углом 90° друг к другу. В случае тройных совпадений интенсивности γ -лучей разложенного спектра были отнесены к числу двойных совпадений между аннигиляционными γ -квантами с энергией 511 кэВ. Для того, чтобы разложить γ -спектр и дать абсолютные интенсивности γ -лучей, необходимо было знать характеристики γ -спектров с одиночными пиками: разрешение, отношение амплитуды фотопика к величине комптоновского распределения и эффективность регистрации детектора как функции энергий γ -лучей в данной геометрии.

Для этой цели нами был использован необходимый набор стандартных препаратов, имеющих характерные одиночные γ -пики.

С помощью полученных экспериментально зависимостей необходимых параметров нами были разложены как одиночный спектр γ -лучей Tb^{152} , так и спектры $\gamma - \gamma$ - и $\beta^+ - \gamma$ -совпадений методом последовательного вычитания спектров.

Отношение полученных интенсивностей γ -лучей к числу N позволяет сделать заключение в большинстве случаев об интенсивности γ -переходов, совпадающих с γ -переходом заданной энергии. В таблице 3 приведены относительные интенсивности γ -лучей Tb^{152} .

Т а б л и ц а 3

E_γ , кэВ	270	340	410	500	560	620	700	760	900	1000	1120
$J_\gamma/\%$ J_{344}	13,4	100	~ 10	29,9	19,7	13,9	12,5	13,3	13,2	14,9	18,0
	+ 1,3			+ 9,5	+ 4,0	+ 3,6	+ 2,6	+ 4,0	+ 4,0	+ 4,8	+ 3,8

E_γ , кэВ	1300	1500	1720	1920	2100	2260	2480	2640	2730	2920
$J_\gamma/\%$ J_{344}	14,4	11,0	15,3	7,7	7,1	9,1	8,8	2,3	1,0	~0,5
	+ 5,0	+ 3,8	+ 5,0	+ 2,6	+ 2,0	+ 3,0	+ 4,4	+ 1,0	+ 0,5	

В таблицах 4-8 приведены интенсивности γ -лучей в спектрах совпадений с γ -лучами с энергией 344, 511, 1110, и 1319 кэВ и в спектре тройных совпадений. В этих таблицах интенсивности даны в % на один квант выделенной энергии, а в случае $\beta^+ - \gamma$ -совпадений на один позитрон при распаде Tb^{152} .

Т а б л и ц а 4
h ν = 344

E γ , кэВ	270	315	410	510	580	690	770	900	990	1090	1230
J γ /%	13,7	6+	6,5	12,2	13,3	6,8	12,3	6,8	9,2	10,30	4,8
J γ /J β_{344}	$\pm 3,1$	3,8	$\pm 1,6$	$\pm 2,8$	$\pm 3,6$	$\pm 1,3$	$\pm 1,7$	$\pm 2,7$	$\pm 2,1$	$\pm 3,0$	$\pm 1,4$

E γ , кэВ	1360	1480	1640	1770	1910	2050	2180	2370	2520	2700
J γ /%	6,2	3,3	4,5	3,6	3,6	2,0	1,8	2,0	2,1	= 0,6
J γ /J β_{344}	$\pm 3,0$	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,2$	$\pm 0,6$	

Т а б л и ц а 5
h ν = 510 кэВ

E γ , кэВ	270	340	400	500	600	690	760	900	980	1100	1280	1420	1600
J γ /J β_{510}	8,7	5,1	2,8	28,2	4,7	2,1	4,8	1,6	1,4	3,4	2,5	0,6	0,8

Т а б л и ц а 6
h η = 1110 кэВ

E γ_0	340	510	620	700	940	1080	1180	1280	1390	1580
J γ /%	49,4	10,3	4,3	14,0	5,8	7,0	5,4	4,6	4,8	2,9

Т а б л и ц а 7
h ν = 1319 кэВ

E γ	344	510	620	780	930	1100	1320
J η /J β_{1319}^+	111	13,7	15,0	22,3	11,8	20,8	15,6

Т а б л и ц а 8
 β^+ - γ - совпадения

E γ	270	340	600	780	1000	1200	1400	1700	2000	2240
J γ /J β_{270}^+	14,5	51	22	10,5	8,0	2,5	4,0	0,7	0,9	0,5

Обсуждение результатов

Из экспериментальных данных настоящей работы следует, что предполагаемая в работе Громова и др. /13/ схема уровней Gd¹⁵² в области верхних уровней в основном подтвердилась, если не считать небольших дополнений и уточнений.

На основании энергетического баланса, исследования спектров γ -лучей, γ - γ -

и β^+ - γ - совпадений и затем баланса интенсивностей следует предположить, что существуют следующие возбужденные уровни Gd^{152} с энергиями: 1110; 1606,7; 1863; 1942; 2137; 2248; 2412; 2457; 2526; 2667; 2714; 2803; 3160 кэВ.

Уровни, показанные пунктиром на рис. 12, введены на основании энергетического баланса и, частично, по совпадениям и балансу интенсивностей и требуют более тщательного изучения. Это объясняется тем, что спектр γ -лучей Tb^{152} в области энергий γ - переходов, связанных с этими уровнями, очень сложен.

Уровни возбуждения Gd^{152} , лежащие ниже 1110 кэВ, мы не обсуждаем в нашей работе, т.к. они хорошо показаны в работе Тота и др.^{/6/}. Полученные нами экспериментальные данные в основном хорошо согласуются с более ранними исследованиями схемы распада Tb^{142} в этой области энергий.

Уровень с энергией 1110 кэВ разряжается путем прямого γ -перехода в основное состояние (0^+) и γ - перехода с энергией 165,6 кэВ на первый возбужденный уровень (2^+). Заселение уровня 1110 кэВ происходит γ -переходами с энергией 496,7; 752,9; 1303; 1348 (1352); 1412; 2044 кэВ.

Из анализа γ - γ -совпадений следует, что γ - переход с энергией 1138,3 кэВ должен идти на уровень 1319,1 кэВ, а не на уровень 1110 кэВ, как было сказано в работе^{/13/}. Помимо этого, уровень 1319 кэВ заселяется γ -переходами с энергией 928,9; 623,1 и 1352 (1348) кэВ, разряжаясь при этом в основное состояние, и γ -переходом с энергией 974,6 кэВ в первое возбужденное состояние (2^+) и γ - переходом с энергией 703,9 кэВ на уровень (0^+) с энергией 615,6 кэВ.

Уровень с энергией 1606,7 кэВ разряжается четырьмя γ - переходами с энергией 496,7; 675,6; 991,2 и 1263 кэВ. Это следует из спектров γ - γ -совпадений и β^+ - γ -совпадений.

Уровень с энергией 1863 кэВ разряжается тремя γ - переходами с энергиями 752,9 кэВ, 1519 кэВ и γ - переходом в основное состояние Gd^{152} . Из анализа спектров γ - γ -, β^+ - γ -совпадений хорошо подтверждается существование уровня с энергией 1942 кэВ. Этот уровень разряжается несколькими γ -переходами с энергией 623,1; 1187; 1328; 1598 кэВ и γ - переходом в основное состояние (0^+).

Уровень с энергией 2137 кэВ введен нами на основании анализа γ - γ -совпадений с $E_\gamma = 931$ кэВ и $E_\gamma = 344$ кэВ. Этот уровень разряжается в состояние (2^+) с энергией 931,1 кэВ γ - переходом с энергией 1206 кэВ и в состояние (2^+) с энергией 344,4 кэВ γ - переходом с энергией 1791 кэВ.

Из анализа $\gamma - \gamma$ -совпадений с $E_{\gamma} = 344$ кэв и $E_{\gamma} = 1319$ кэв следует, что уровень с энергией 2248 кэв разряжается γ -переходами с энергией 928,9 и 1905 кэв.

Подобным образом нами введен уровень с энергией 2412 кэв, который разряжается γ -переходами с энергией 1303, 1361 и 1489 кэв на нижележащие уровни Gd^{152} . Из совпадений с $E_{\gamma} = 344$ кэв и $E_{\gamma} = 1319$ кэв следует, что уровень с энергией 2457 кэв разряжается γ -переходами с энергией 1138,3; 2113 и, возможно, 1348 кэв.

На основании энергетического баланса, баланса интенсивностей и спектров $\gamma - \gamma$ -совпадений нами подтверждены и предложены уровни: уровень с энергией 2526 кэв, разряжающийся γ -переходами с энергией 1412, 1763, 2526 кэв; уровень с энергией 2667 кэв, разряжающийся γ -переходами с энергией 2667 кэв и, возможно, γ -переходом с энергией 1352 кэв; уровень с энергией 2714 кэв, разряжающийся γ -переходами с энергией 1588, 1673, 1791, 2096, 2371 кэв и γ -переходом в основное состояние (0^+) Gd^{152} ; уровень 2803, разряжающийся γ -переходом с энергией 2187 кэв и γ -переходом в основное состояние (0^+) Gd^{152} , уровень 3160 кэв, разряжающийся γ -переходами с энергией 1300, 2044, 2403 кэв на нижележащие уровни Gd^{152} .

Из анализа спектра β^+ - γ -совпадений следует, что β^+ -распад Tb^{152} происходит на уровни с энергией 1942; 1606,7; 1319,1; 1110; 1048,3; 931,1; 815,6 кэв и в основное состояние (0^+) Gd^{152} .

В таблице 9 приведены граничные энергии компонент β^+ -спектра Tb^{152} и их относительные интенсивности, а также приведены доли k -захвата на соответствующие уровни возбуждения Gd^{152} на основании анализа спектра β^+ - γ -совпадений.

Доли k -захвата рассчитывались по табличным данным Вапетра и др. /17/.

В заключение авторы настоящей работы выражают искреннюю благодарность Tb^{152} Н.А. Лебедеву, Ю.В. Норсееву, А.Ф. Новгородову за приготовление источников Tb , а также А.В. Кудрявцевой, М. Илиеску, Г.М. Воробьеву, Е.Т. Кондрату за помощь в измерении и обработке результатов.

Л и т е р а т у р а

1. K.S.Toth, K.T.Faler, and J.O.Rasmussen. Phys. Rev., 115, 158 (1959).
2. Н.М. Антоньева, А.А. Башилов, Б.С. Джелелов, Б.К. Преображенский. ДАН СССР, 119, 241 (1958).

3. Н.А. Бонч-Осмоловская, Б.С. Джелепов, О.Е. Крафт. Изв. АН СССР (сер. физ.) 24, 283 (1960).
4. А.С. Басина, К.Я. Громов, Б.С. Джелепов. Изв. АН СССР (сер. физ.) 24, 811 (1960).
5. А.А. Абдуразаков, К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, Г.Я. Умаров. Изв. АН СССР (сер. физ.) 24, 1126 (1960).
6. K.S.Toth, O.E.Nielsen, O.Skibbreid. Nucl. Phys., 19, 389 (1960).
7. B.Harmatz, T.H.Handley, J.M.Mihelich. Phys. Rev., 123, 1758 (1961).
8. А.Т. Стригачев, Л.С. Новиков, А.А. Сорокин, В.С. Шпинеель, В.А. Халкин. Материалы III-го совещания по нейтронодефицитным изотопам, ОИЯИ, Дубна, 712, 7(1961).
9. А.Т. Стригачев, Л.С. Новиков, А.А. Сорокин, В.А. Халкин, Н.В. Цветкова, В.С. Шпинеель. Изв. АН СССР (серия физ.) 25, 813 (1961).
10. К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В. Кудрявцева. Изв. АН СССР (сер. физ.) 25, 1084 (1961).
11. B.Harmatz, T.H.Handley and J.M.Mihelich. Phys. Rev., 128, 1186 (1962).
12. К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, В. Звольска, И. Звольский. Программа и тезисы докладов XII ежегодного совещания по ядерной спектроскопии в Ленинграде, 1962 г. Изд. АН СССР, Москва-Ленинград, 1962.
13. К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, Д.А. Енчев, Ж.Т. Желев, Чао Тао-нань. Программа и тезисы докладов XII ежегодного совещания по ядерной спектроскопии в Ленинграде. Изд. АН СССР, Москва-Ленинград 1962.
14. Ван Фу-цзюнь, И. Визи, К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В. Кудрявцева. Изв. АН СССР (сер. физ.), 28, № 1, 114, 1962.
15. Н.А. Бонч-Осмоловская, Б.С. Джелепов, О.Е. Крафт, Чжоу Юе-ва. Изв. АН СССР (сер. физ.) 25, 826 (1961).
16. Б.С. Джелепов, Г.Ф. Драницына. Изд. АН СССР, Москва-Ленинград, 1960.
17. A.H.Wapstra, G.J.Nijgh, R. Van Lieshout. Institute for Nuclear Physics Research, Amsterdam, 1958.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 октября 1964 г.

Результаты изучения спектра конверсионных электронов ть.

Энергии γ -переходов и относительные интенсивности K -конверсионных линий

Тот и др. /6/ Хармац и др. /7/		Н а с т о я щ а я р а б о т а						
NN п/п	E_{γ} , кэВ	$\frac{I_x}{I_k 615.6} \cdot 100$	E_{γ} , кэВ	$\frac{I_x}{I_k 615.6} \cdot 100$	Спектрометр 1 ^{X/}		Спектрометр 2 ^{XX/}	
					E_{γ} , кэВ	$\frac{I_x}{I_u 615.6} \cdot 100$	E_{γ} , кэВ	$\frac{I_x}{I_k 615.6} \cdot 100$
1.	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	-	-	117,3	30	-	-	-	-
2.	271	550	271,0	690	-	-	271,2	480 ± 50
3.	314	-	-	-	-	-	-	-
4.	344	2000	344,3	1970	-	-	344,4	1860 ± 100
5.	-	-	351,4	4,0	-	-	351,5	7,5 ± 1,5
6.	411	90	410,0	85	-	-	411,2	84 ± 8
7.	432	480	432,1	460	-	-	432,5	3,80 ± 40
8.	-	-	496,5	7,0	-	-	496,7	12,0 ± 2,6
9.	-	-	526,6	18	-	-	527,1	17,0 ± 1,6
10.	565	220	586,3	200	587	-	586,7	175 ± 15
11.	615	1000	615,3	1000	616	1000	615,6	1000
12.	-	-	622,7	8,0	-	-	623,1	9,0 ± 0,9
13.	-	-	-	-	-	-	675,6	2,9 ± 0,6
14.	-	-	-	-	-	-	679,2	1,5 ± 0,5
15.	-	-	703,1	10	703	-	703,9	10,9 ± 0,9
16.	-	-	-	-	-	-	752,9	2,3 ± 0,7
17.	-	-	765,3	15	765	15,0	765,6	18,0 ± 2,5

X/ β - спектрометр с трехкратной фокусировкой пучка электронов.

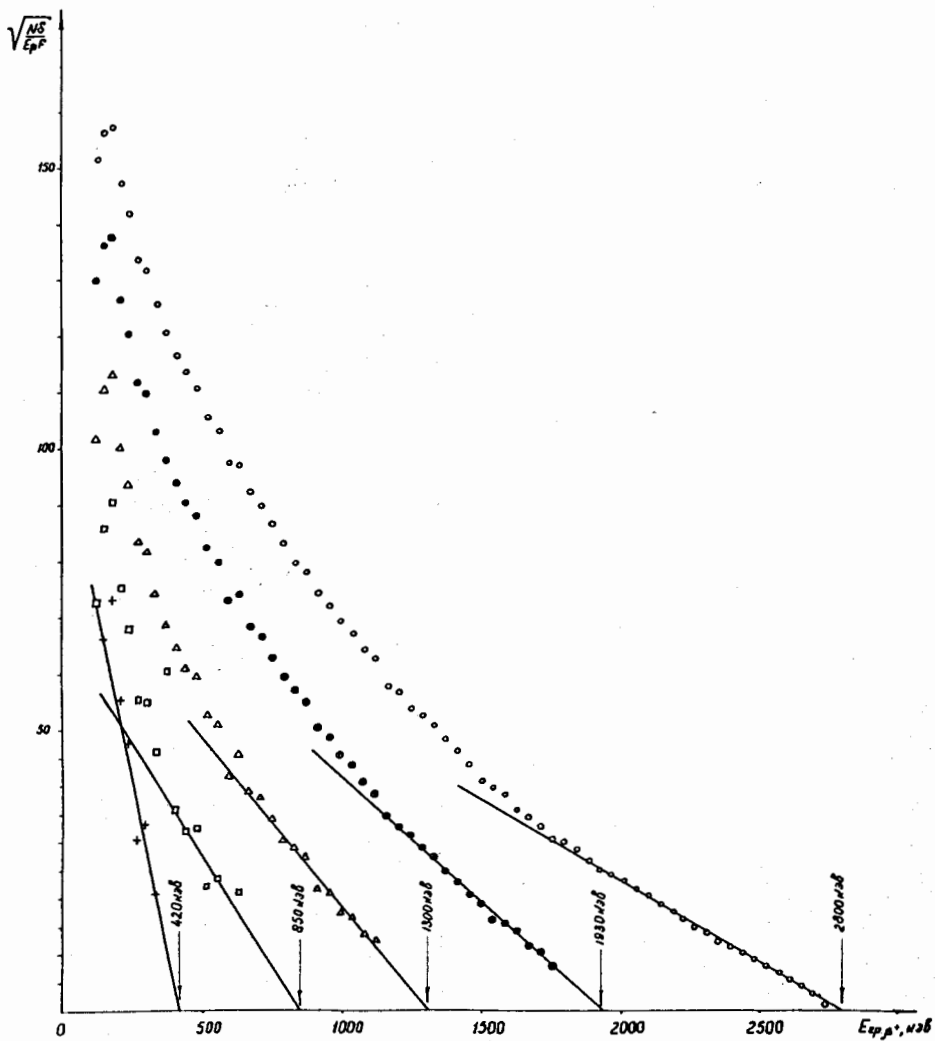
XX/ β - спектрометр с двойной фокусировкой пучка электронов.

1.	2	3	4	5	6	7	8	9
18.	-	-	772,7	слаб.	-	-	-	-
19.	-	-	779,4	7,0	779	6,0	779,4	9 ± 1
20.	-	-	-	-	931	{	928,9	1,2 ± 0,5
21.	-	-	-	-	-		931,2	5,3 ± 0,8
22.	-	-	974,3	12,0	975	12,0	974,6	130 ± 1,2
23.	-	-	-	-	-	-	991,2	2,5 ± 0,6
24.	1047	50	1048,3	16	1049	18	1048,3	18,0 ± 1,8
25.	-	-	-	-	1110	6	1110	5,3 ± 0,6
26.	-	-	-	-	1140	3	1138,3	3,4 ± 0,5
27.	-	-	-	-	1187	- 1,0	1187	- 0,3
28.	-	-	-	-	1208	- 1,0	1206	- 0,4
29.	-	-	-	-	1263	2,6	1263	2,2 ± 0,3
30.	-	-	-	-	-	-	1300	1,2 ± 0,3
31.	-	-	-	-	-	-	1303	0,9 ± 0,3
32.	-	-	-	-	1318	3,4	1319	1,6 ± 0,3
33.	-	-	-	-	-	-	1328	1,3 ± 0,3
34.	-	-	-	-	-	-	1348	0,8 ± 0,2
35.	-	-	-	-	-	-	1352	0,6 ± 0,2
36.	-	-	-	-	1359	- 1,0	1361	0,3 ± 0,15
37.	-	-	-	-	1413	- 1,0	1412	0,7 ± 0,2
38.	-	-	-	-	1489	- 1,0	-	-
39.	-	-	-	-	1522	1,4	1519	1,0 ± 0,2
40.	-	-	-	-	-	-	1588	0,5 ± 0,2
41.	-	-	-	-	1593	1,6	1598	0,6 ± 0,3
42.	-	-	-	-	1667	- 1,0	-	-
43.	-	-	-	-	1788	1,2	1763	0,5 ± 0,3

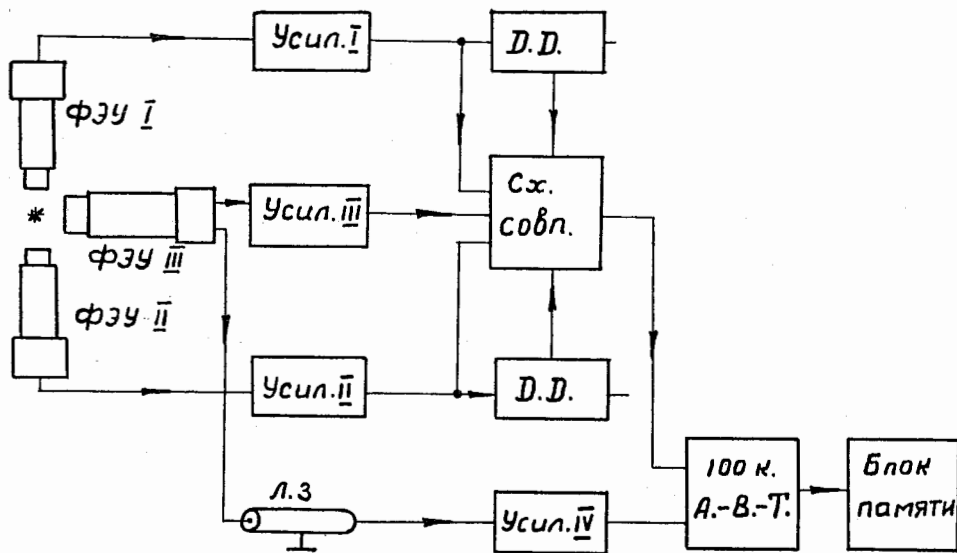
I.	2	3	4	5	6	7	8	9
44.	-	-	-	-			I79I	0,6 ± 0,3
45.	-	-	-	-	I905	2,2	-	-
46.	-	-	-	-	I94I	I,2	-	-
47.	-	-	-	-	2044	< 0,2	-	-
48.	-	-	-	-	2096	< 0,7	-	-
49.	-	-	-	-	2I87	< 0,3	-	-
50.	-	-	-	-	2260	< 0,3	-	-
5I.	-	-	-	-	237I	I, I	-	-
52.	-	-	-	-	2403	~ 0,8	-	-
53.	-	-	-	-	2526	< 0,3	-	-
54.	-	-	-	-	260I	< 0,3	-	-
55.	-	-	-	-	2582	< 0,4	-	-
56.	-	-	-	-	2667	< 0,2	-	-
57.	-	-	-	-	2707	< 0,4	-	-
58.	-	-	-	-	2803	< 0, I	-	-

Т а б л и ц а 9

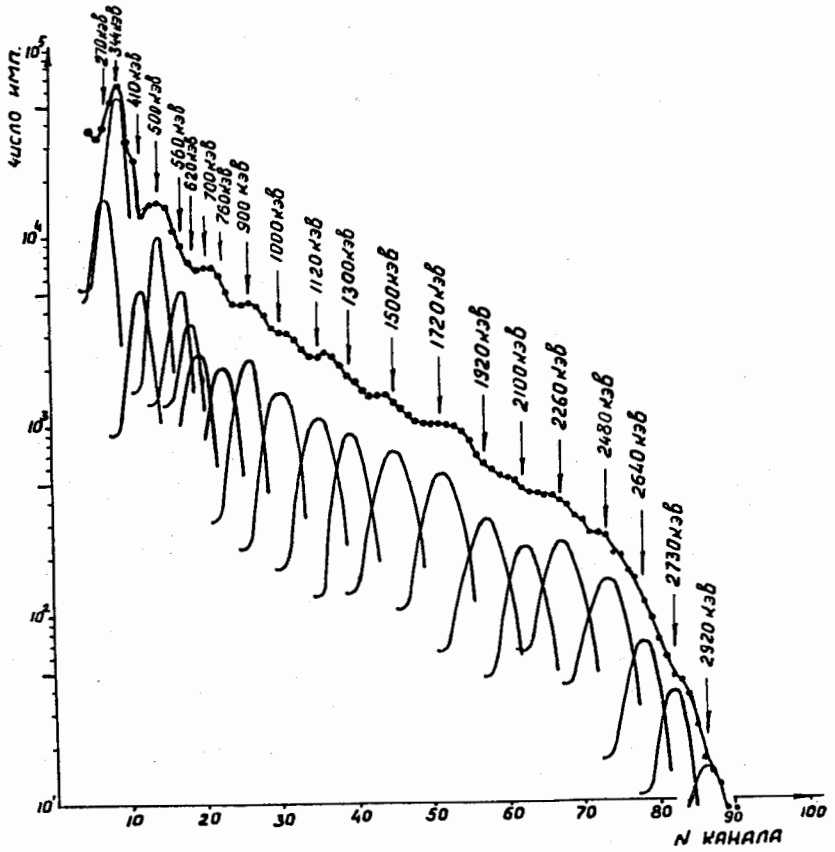
№ пп	Уровни (кэВ) G_d^{152}	Энергия позитро- нов(кэВ)	Относит. интенсивн. β^+ (%)	Относит. интенсивн. К-захват(%)	Доля β^+ на распад(%)	Доля К-зах- вата на распад	Значения $I_{\beta\gamma}$
1.	1942	880	3	99	0,6	- 20,0	> 5,6
2.	1606,7	1200	2	22	0,4	- 4,5	> 6,3
3.	1319,1	1500	6	34	1,2	- 7,0	> 6,7
4.	1110,0	1710	3	11	0,6	- 2,2	> 7,0
5.	1048,3	1780	8	29	1,6	- 5,8	7,1
6.	931,1	1890	27	78	5,4	-16,0	6,8
7.	615,6	2200	10	17	2,0	- 3,5	7,4
8.	0	2800	40	32	8,0	- 6,5	7,2



Р и с. 1. График Кюри β^+ -спектра Ть .

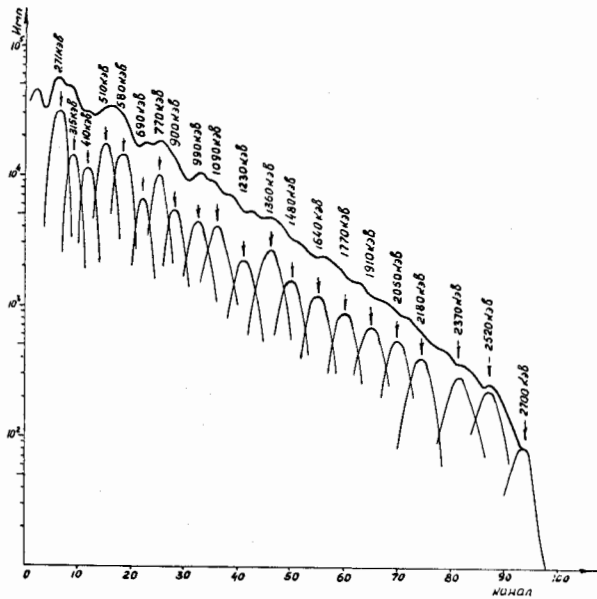


Р и с. 2. Блок-схема установки $\gamma - \gamma$ и $\beta^+ - \gamma$ совпадений.

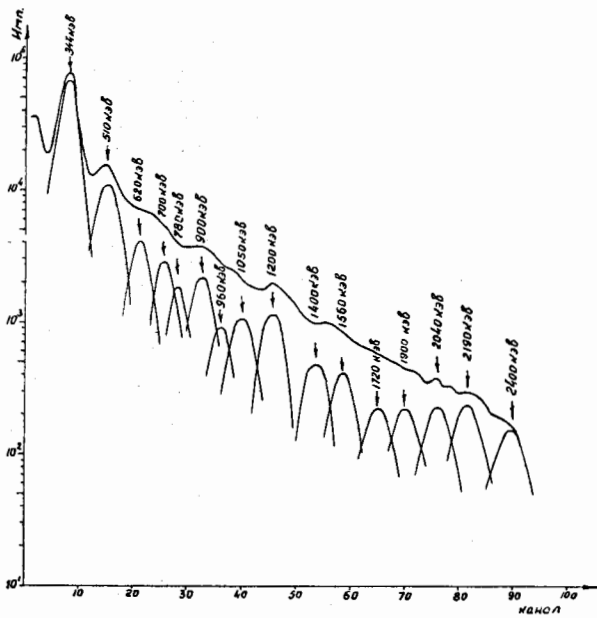


Р и с. 3. Спектр γ - лучей Tl .

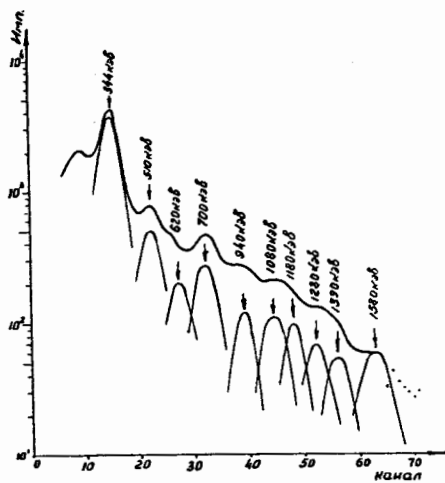
152



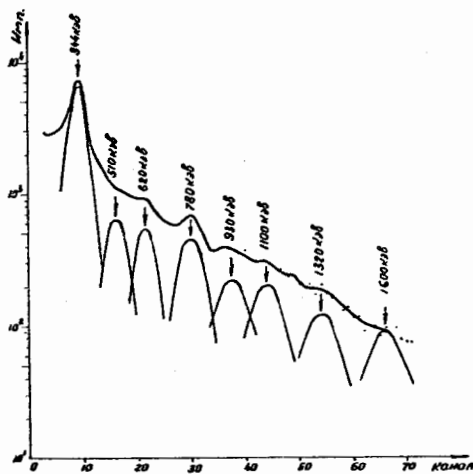
Р и с. 4. Спектр $\gamma - \gamma$ совпадений Tl^{152} с $E_{\gamma} = 344$ кэВ.



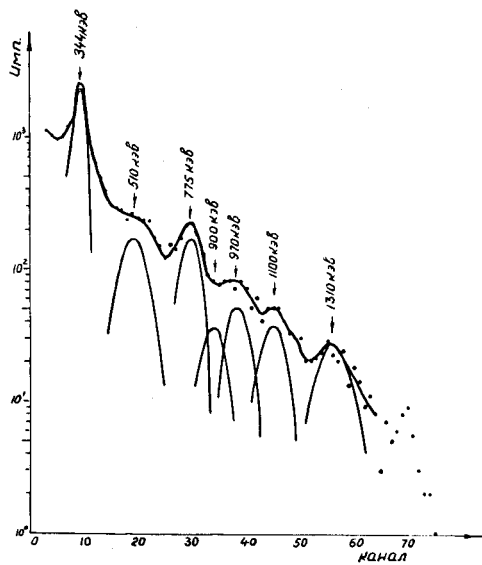
Р и с. 5. Спектр $\gamma - \gamma$ совпадений Tl^{152} с $E_{\gamma} = 271$ кэВ.



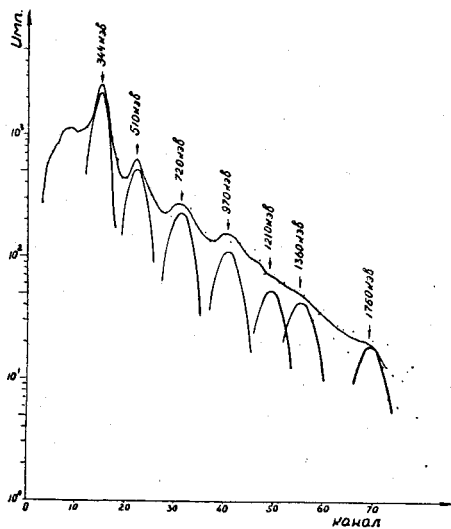
Р и с. 6. Спектр $\gamma - \gamma$ - совпадений Tl^{152} с $E_\gamma = 1110$ кэВ.



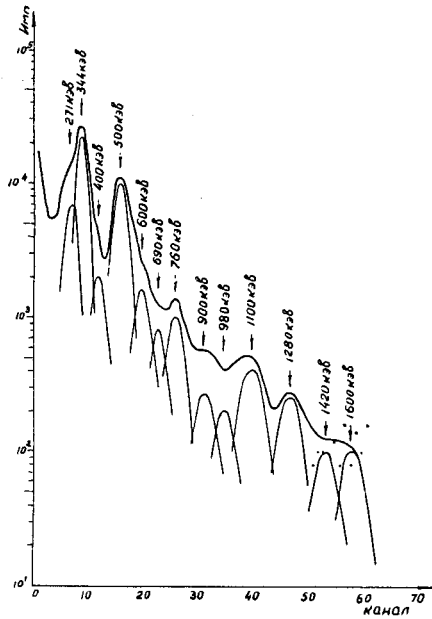
Р и с. 7. Спектр $\gamma - \gamma$ - совпадений Tl^{152} с $E_\gamma = 1310$ кэВ.



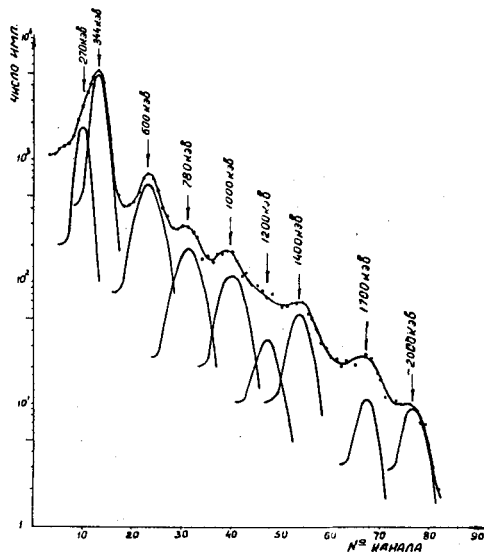
Р и с. 8. Спектр $\gamma - \gamma$ - совпадений Tl^{152} с $E_\gamma = 1606$ кэВ.



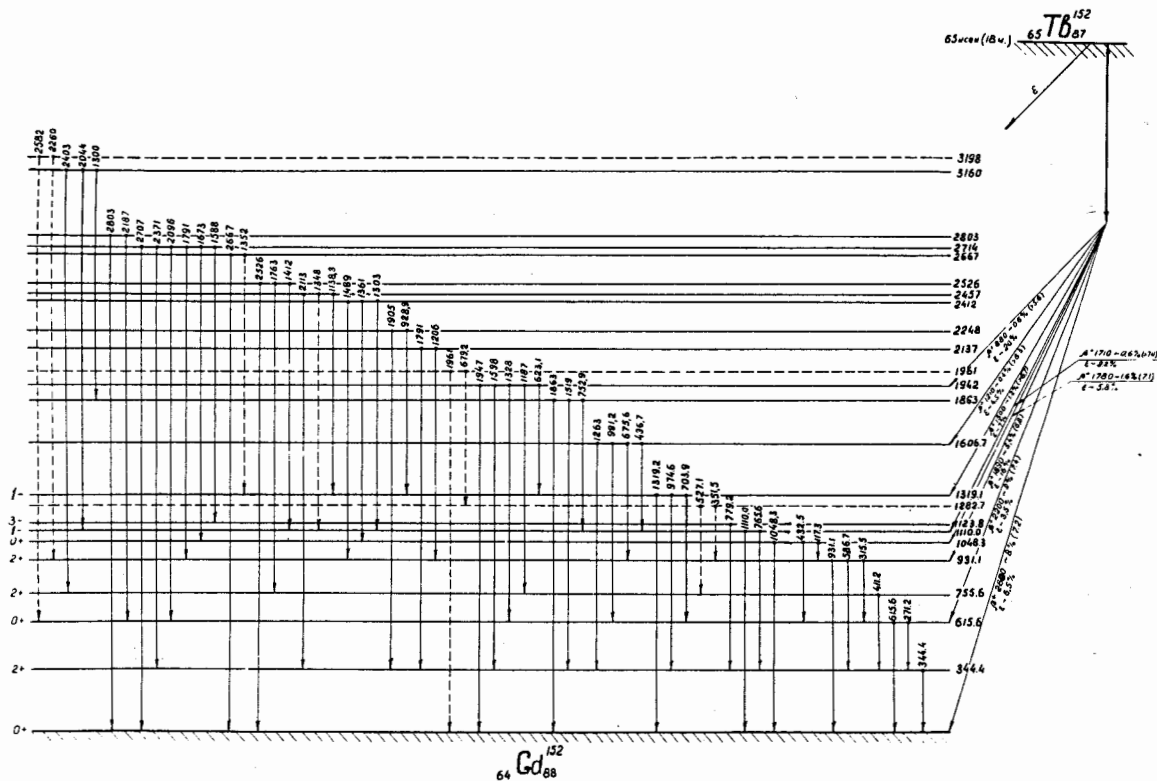
Р и с. 9. Спектр $\gamma - \gamma$ - совпадений Tl^{152} с $E_\gamma = 931$ кэВ.



Р и с. 10. Спектр $\gamma - \gamma$ - совпадений с $E_\gamma = 511$ кэВ.



Р и с. 11. Спектр $\beta^+ - \gamma$ - совпадений с $E_\gamma = 512$ кэВ.



Р и с. 12. Схема распада Тв