

587

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ



Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В. Кудрявцева, О.В. Ларионов,
М.К. Никитин, Р.Степич

P - 587

НОВЫЕ ДАННЫЕ
О НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ИЗОТОПАХ

” ИССЛЕДОВАНИЕ β -СПЕКТРОВ
И КОНВЕРСИОННЫХ СПЕКТРОВ
Eu¹⁴⁵, Eu¹⁴⁶, Eu¹⁴⁸, Eu¹⁴⁹,
Tb¹⁵⁰, Tu¹⁶⁸, Tu (58 час.).”

Дубна 1980 год

785

P - 587

Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В. Кудряцева, О.В. Ларионов,
М.К. Никитин, Р. Степич

НОВЫЕ ДАННЫЕ
О НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ИЗОТОПАХ

" ИССЛЕДОВАНИЕ β -СПЕКТРОВ
И КОНВЕРСИОННЫХ СПЕКТРОВ
 Eu^{145} , Eu^{146} , Eu^{148} , Eu^{149} ,
 Tb^{150} , Tu^{168} , Tu (58 час.)."

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

893/6 138

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
1. Б.С.Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В.Кудрявцева. "Исследование позитронных спектров Eu^{145} и Eu^{146} "	3
2. Б.С.Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В.Кудрявцева. "Исследование спектра конверсионных электронов Eu^{146} "	13
3. Б.С.Джелепов, Ж.Т.Желев, А.В.Кудрявцева, Р.Степич "Исследование конверсионных электронов Eu^{145} и Eu^{149} "	19
4. Б.С.Джелепов, Ж.Т.Желев, А.В.Кудрявцева "Исследование позитронного спектра тербиевой фракции"	23
5. Б.С.Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В.Кудрявцева, Р.Степич "Исследование β^- - спектра и конверсионных электронов Tm^{168} ."	27
6. Б.С.Джелепов, Ж.Т.Желев, А.В.Кудрявцева, О.В.Ларионов, М.К.Никитин "Исследование β^- -спектра тулиевой фракции"	33

Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В. Кудрявцева

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЗИТРОННЫХ СПЕКТРОВ Eu^{145} и Eu^{146} x/

С помощью β -спектрометра с трехкратной фокусировкой пучка [1], был исследован позитронный спектр европиевой фракции. Радиус кривизны средней траектории β -спектрометра равен 14,5 см. Ширина конверсионной линии Cs^{137} на половине ее высоты $\frac{\Delta H\beta}{H\beta} = 3\%$. Светосила прибора $\sim 0,07\%$ от 4π . При работе спектрометра можно применять двойную или тройную счетчиковые камеры. Тройная камера содержит три счетчика, расположенные по винтовой линии пучка. Первый счетчик расположен в первом фокусе пучка на 180° от источника, второй счетчик расположен под первым в третьем фокусе на 540° от источника и третий счетчик — на расстоянии 5 мм от второго. Двойная камера отличается от тройной отсутствием первого счетчика.

Фон космических совпадений спектрометра, работающего на тройной камере в режиме тройных совпадений составлял 1-2 совпадения в час, а в режиме двойных совпадений /счетчики 1-2 и 1-3/ 2-6 совпадений в час. При работе на двойной и тройной камере /счетчики 2-3/ в режиме двойных совпадений космический фон составлял 60 совпадений в час.

Европиевая фракция получалась из танталовой мишени, облученной в течение 4-х часов протонами с энергией 660 Мэв. Источники получались без носителей путем хроматографического разделения редких земель. Активность наносилась на алюминиевую фольгу толщиной 5 μ . Размеры источника составляли / 15x2/ мм².

Исследования проводились с четырьмя источниками, полученными из четырех различных мишеней. Первый источник мы исследовали спустя 15 суток, а остальные спустя 7-9 суток после выделения из мишени. Наблюдение за убыванием интенсивностей позитронного спектра /по всему спектру/ в течение одного месяца позволило определить период полураспада: $T_{1/2} = 5,2 \pm 0,3$ дня. Этот период хорошо согласуется с найденным ранее [2,3,4,5] и приписанным распаду изотопов Eu^{145} и Eu^{146} . Разложение спектра по графику Кюри /рис. 1/ на компоненты указало на сложный характер β^+ -спектра $Eu^{145} + Eu^{146}$.

x/ Доложено на X-м совещании по ядерной спектроскопии в Москве в январе 1960 г.

Три компоненты спектра имели граничные энергии равные: 2010 ± 60 , 1670 ± 50 и 690 ± 50 Кэв ^[6].

При идентификации парциальных спектров возникают большие затруднения, так как периоды полураспада Eu^{145} и Eu^{146} очень близки. Разности масс $Eu^{145} - Sm^{145}$ и $Eu^{146} - Sm^{146}$ по Леви ^[8] и Камерону ^[9] также близки. Для того, чтобы произвести идентификацию парциальных спектров на нашем приборе, необходимо получить хотя бы один из этих изотопов в чистом виде. Тогда можно было бы оценить интенсивность позитронного спектра по отношению к конверсионным линиям, принадлежащим этому изотопу, и затем методом вычитания найти β^+ -спектр другого изотопа.

При исследовании β^+ -спектра гадолиниевой фракции мы заметили, что он со временем изменяет свою форму: имеется компонента, нарастающая с периодом ~ 5 дней. Равновесие достигалось через месяц, а затем интенсивность всех участков спектра убывала с периодом полураспада 44 дня, соответствующим Gd^{146} . Наблюдавшееся нарастание связано с образованием Eu^{146} , который распадается в Sm^{146} посредством β^+ -распада и ϵ -захвата. Отсюда было видно, что из гадолиниевой фракции можно получить чистый Eu^{146} , если Gd^{145} не присутствует во фракции.

Из литературных данных ^[7] известно, что Gd^{145} имеет период полураспада $T_{1/2} = 25$ мин. Его присутствие в наших гадолиниевых источниках исключено, так как проходит около 24 часов от конца облучения до конца хроматографического разделения.

Из вышеизложенного видно, что из старых гадолиниевых источников можно получить Eu^{146} . Мы объединили 5 гадолиниевых источников, имевших возраст 1-5 месяцев и из них выделки европий хроматографическим методом. Измерения с этим источником начинались через три часа после выделения. Наблюдения за убыванием интенсивности β^+ -спектра в течение 30 дней /рис. 2/ дали нам возможность определить период полураспада. Период определялся при трех значениях энергии, а именно $E=518$, $E=918$, $E=1681$ Кэв. Он оказался равным $4,6 \pm 0,3$ дня. Никакого долгоживущего β^+ -спектра мы не наблюдали. Мы считаем, что найденный нами период полураспада принадлежит Eu^{146} , близкие значения 4,4 дн., 4,3 дн., 4,3 дн. $4,6 \pm 0,3$ дн. получены в работах ^[7, 10, 11, 12].

Как указано выше, интенсивность позитронного спектра европиевой фракции, выделенной из танталовой мишени, т.е. спектра $\text{Eu}^{145} + \text{Eu}^{146}$, убывает с $T_{1/2} = 5,2 \pm 0,3$ дня. Отсюда следует, что период полураспада Eu^{145} выше 5 дней. Аналогичный результат был получен непосредственно путем наблюдения за спаданием интенсивностей конверсионных линий Eu^{145} :

$T_{1/2} = 5,6 \pm 0,3$ дня [12] и в работе [7]. Интенсивность счета на максимуме β^+ -спектра Eu^{146} , выделенного из пяти гадолиниевых фракций, составляла 14 импульсов в минуту, фракция европия, выделенная из танталовой мишени, обычно дает на максимуме β^+ -спектра 30-40 импульсов в минуту к моменту выделения.

С интенсивностью линии К 748 Eu^{146} положение обратное: в сборном европиевом источнике на максимуме линии скорость счета составляла 42,7 совп./мин к моменту вторичного разделения в обычной европиевой фракции - 66,2 совп./мин к моменту ее выделения из мишени. Отсюда следует, что в позитронном спектре $\text{Eu}^{145} + \text{Eu}^{146}$ первому принадлежит около 53% суммарной интенсивности /рис.3/.

Разложение спектра по графику Кюри для Eu^{146} на фермиевские компоненты /рис. 4/ указывает на сложный характер β^+ -спектра. Три компоненты спектра имеют граничные энергии 2100 ± 100 , 1510 ± 50 и 500 ± 100 Кэв. Отношение их интенсивностей: 1 : 14 : 1,4. Отношения интенсивностей вышеуказанных компонент β^+ -спектра к интенсивности линии К - 748 $\text{Eu}^{146} / \frac{S_{\beta^+}}{S_{\text{К}748}} /$ равны соответственно 0,74 : 10,0 : 1,00. Имея эти данные, мы могли из спектра $\text{Eu}^{145} + \text{Eu}^{146}$ вычистить β^+ -спектр Eu^{146} и получить позитронный спектр Eu^{145} в чистом виде. После вычитания компонента с $E_2 = 2100 \pm 100$ Кэв не наблюдается в пределах ошибок. Из графика Кюри видно, что Eu^{145} также имеет сложный позитронный спектр /рис. 5/. Две компоненты этого спектра имеют граничные энергии 1740 ± 100 и 740 ± 100 Кэв. Отношение их интенсивностей равно: 3,5 : 1,0, соответственно. Отношение $\frac{S_{\beta^+}}{S_{\text{К}810}}$ этих компонент равно 7,6 и 2,2.

Разность масс $\text{Eu}^{146} - \text{Sm}^{146}$ по Леви и Камерону равна 3696 и 3354 Кэв соответственно. Наши значения разности масс указанных изобар в предположении, что β^+ -спектр с граничной энергией $E_2 = 2100 \pm 100$ Кэв идет на основной уровень Sm^{146} , равно 3120 ± 100 Кэв. Разность масс

$E_{\text{u}}^{145} - S_{\text{m}}^{145}$ по работам [8,9] равна 2777 и 3342 Кэв соответственно. По нашим данным $E_{\alpha} = 1740 \pm 100$ Кэв и в том же предположении разность масс $E_{\text{u}}^{145} - S_{\text{m}}^{145}$ равна 2760 ± 100 Кэв.

Л и т е р а т у р а

1. Б.С.Джелепов, Н.М.Антоньева, С.А.Шестопалова. ДАН СССР, 64,308,1949.
2. R.Hoff, J.Rasmussen, S.Thompson. Phys. Rev:83,1068 (1951).
3. Г.М.Городинский, А.Н.Мурин, В.Н.Покровский. Изв.АН СССР./сер.физ./ 7,811,/1958/.
4. Г.М.Городинский, А.Н.Мурин, Б.К.Преображенский, В.Н.Покровский. ДАН СССР, 112, 405 /1957/.
5. Н.М.Антоньева, А.А.Башилов, Б.С.Джелепов, Б.К.Преображенский. ЖЭТФ, т. 36, вып. 1 /1959/.
6. Б.С.Джелепов, Ж.Т.Желев, А.В.Кудрявцева. /Материалы 2-го совещания по нейтронодефицитным изотопам, Дубна июнь 1959 г./
7. J.R.Grover.Phys.Rev.Let. 3,N.9,(1959).
8. J.Riddell "A Table of Levy's Empirical Atomic Masses" (1957).
9. A.Cameron " A Revised Semi-Empirical Atomic Mass Formula" (1957).
10. А.А.Башилов и др. Вторая международная конференция ООН по применению атомной энергии в мирных целях.
11. Nucl.Data Sheets s.1 (1959).
12. Н.М.Антоньева, А.А.Башилов, Б.С.Джелепов. Тезисы X совещания по ядерной спектроскопии.

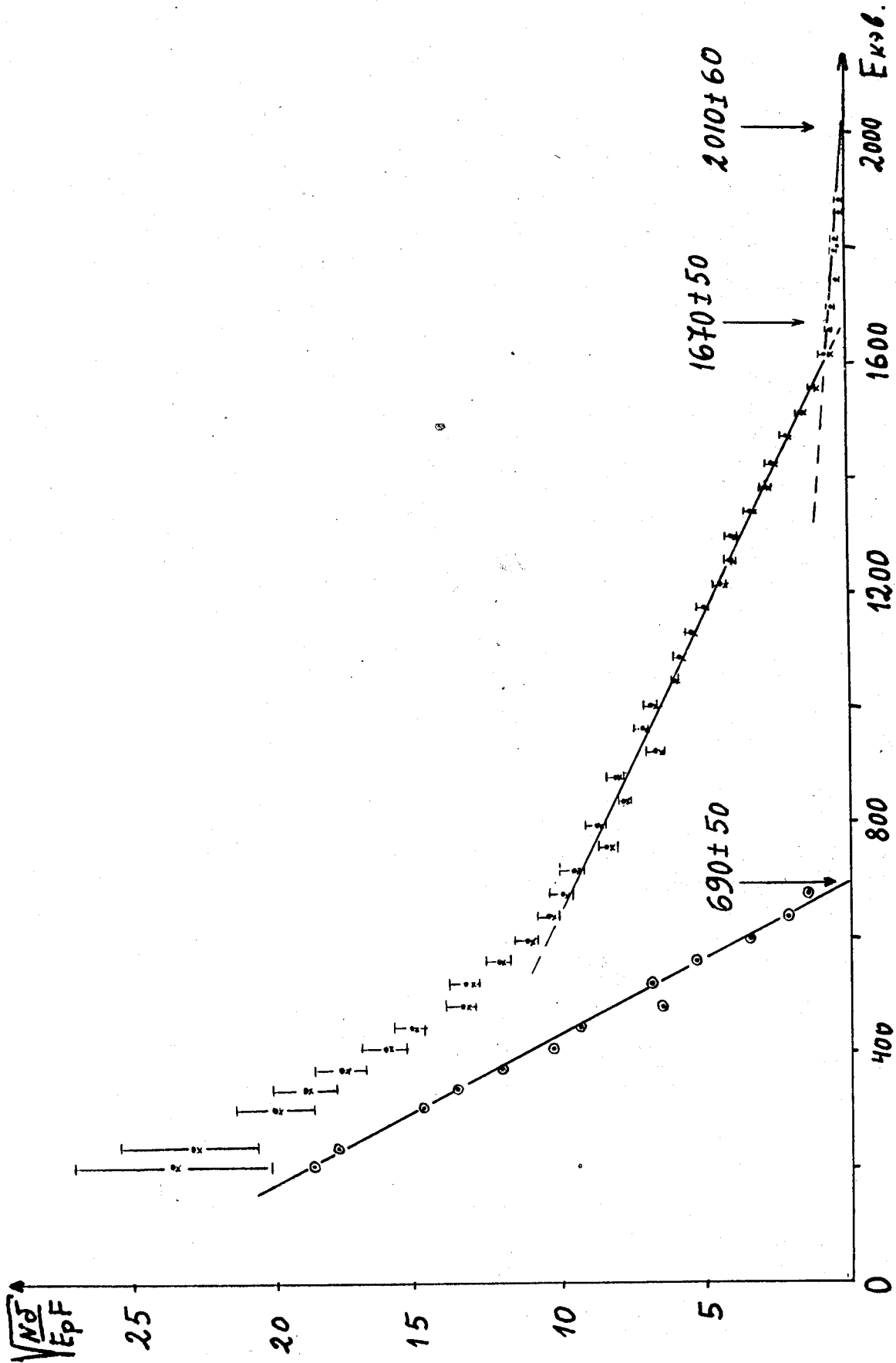


Рис. 1. График Кюри β^+ -спектра Еи 145+146 . ./ для экспериментального спектра, х/ - после вычитания самой жесткой компоненты. \odot / - после вычитания двух жестких компонент. N - число совпадений в минуту, δ - взято по таблицам Джеллепова и Зыряновой.

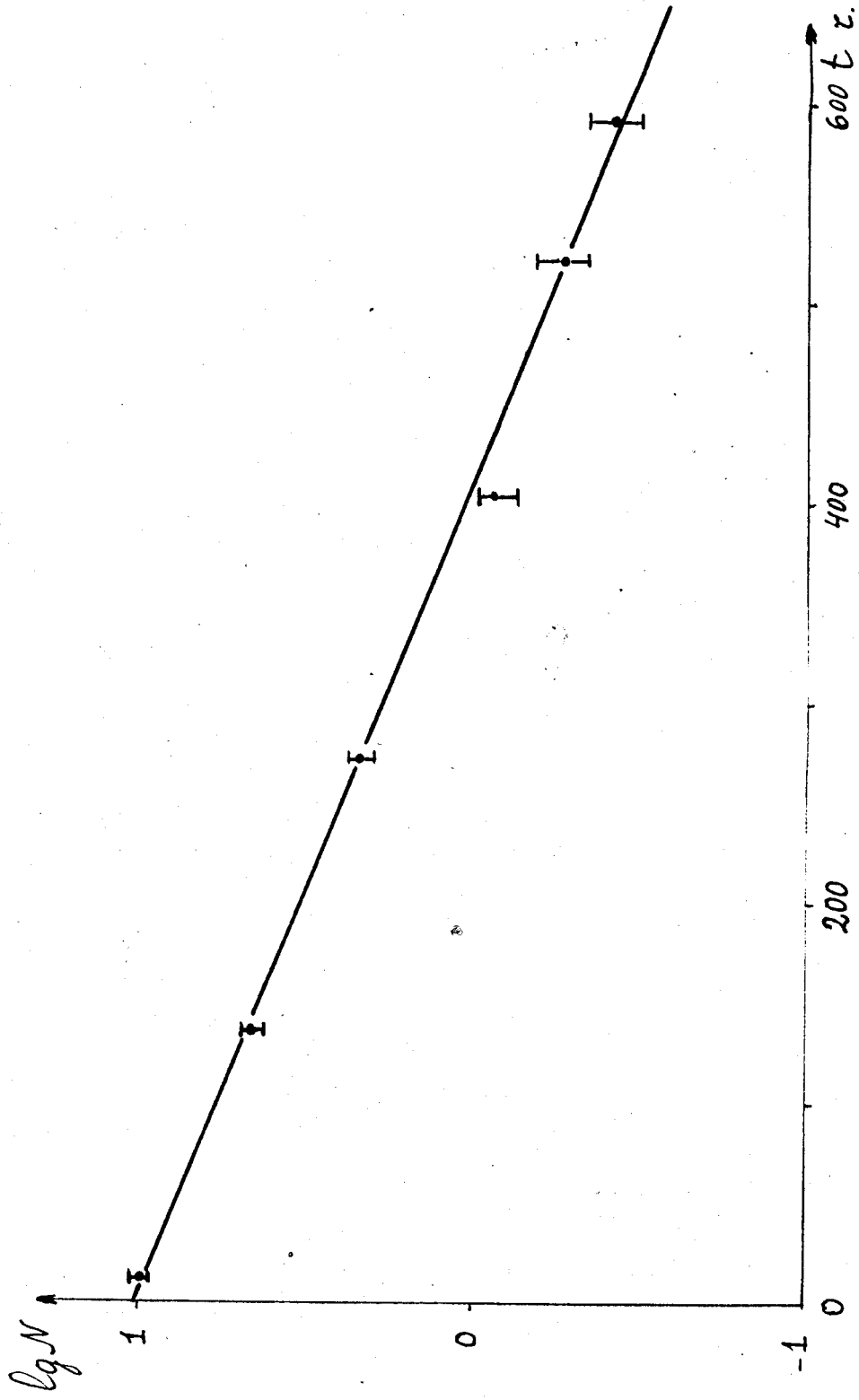


Рис. 2. Кривая периода полураспада Eu 146.

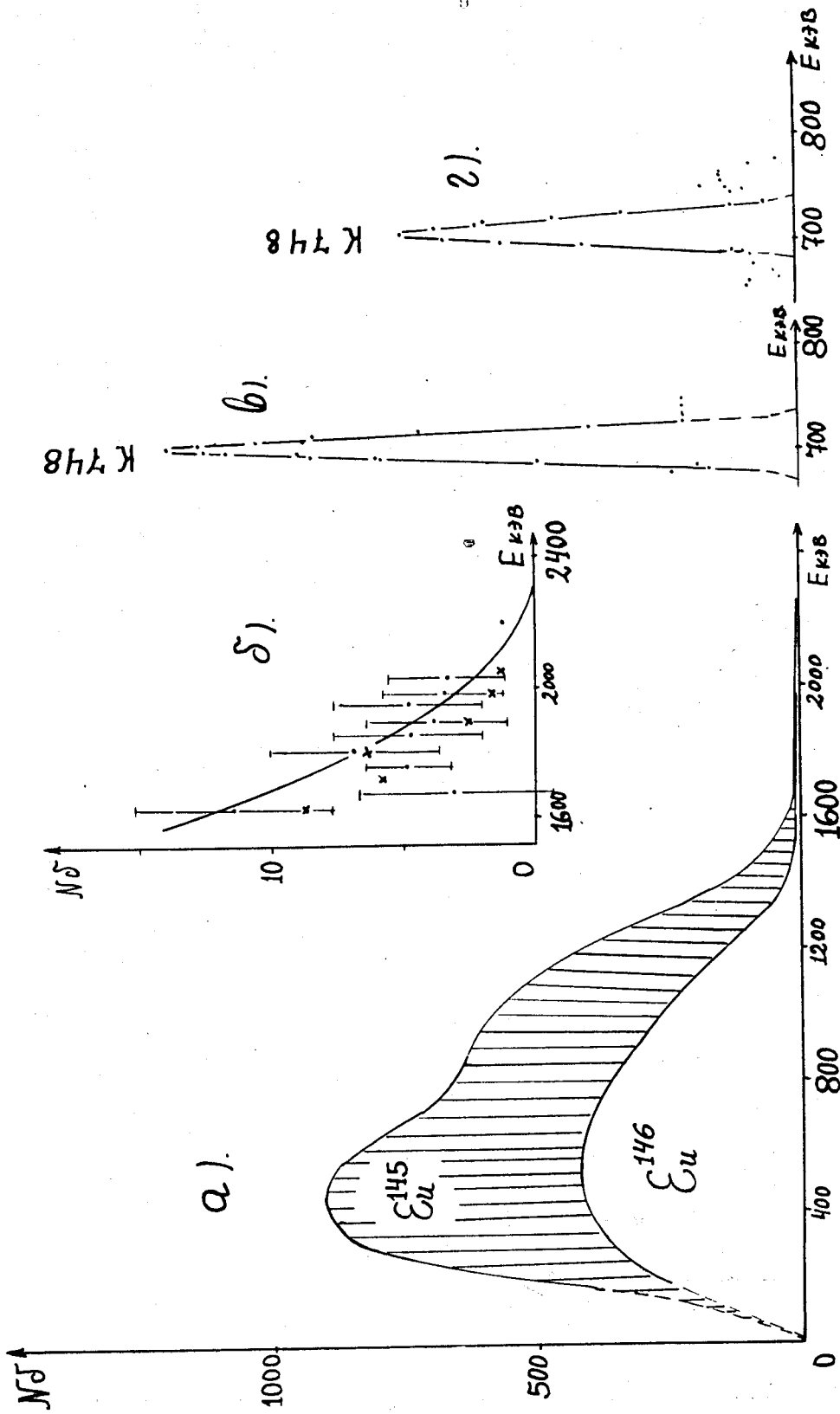


Рис. 3. а/ β^+ -спектр $Eu^{145} + Eu^{146}$ к моменту хроматографического выделения фракции. б/ жесткая часть β^+ -спектра смеси $Eu^{145} + Eu^{146}$ в увеличенном масштабе. в/ конверсионная линия K-748 в спектре $Eu^{145} + Eu^{146}$ к моменту хроматографического выделения фракции. г/ конверсионная линия K-748 в спектре Eu^{146} к моменту вторичного разделения.

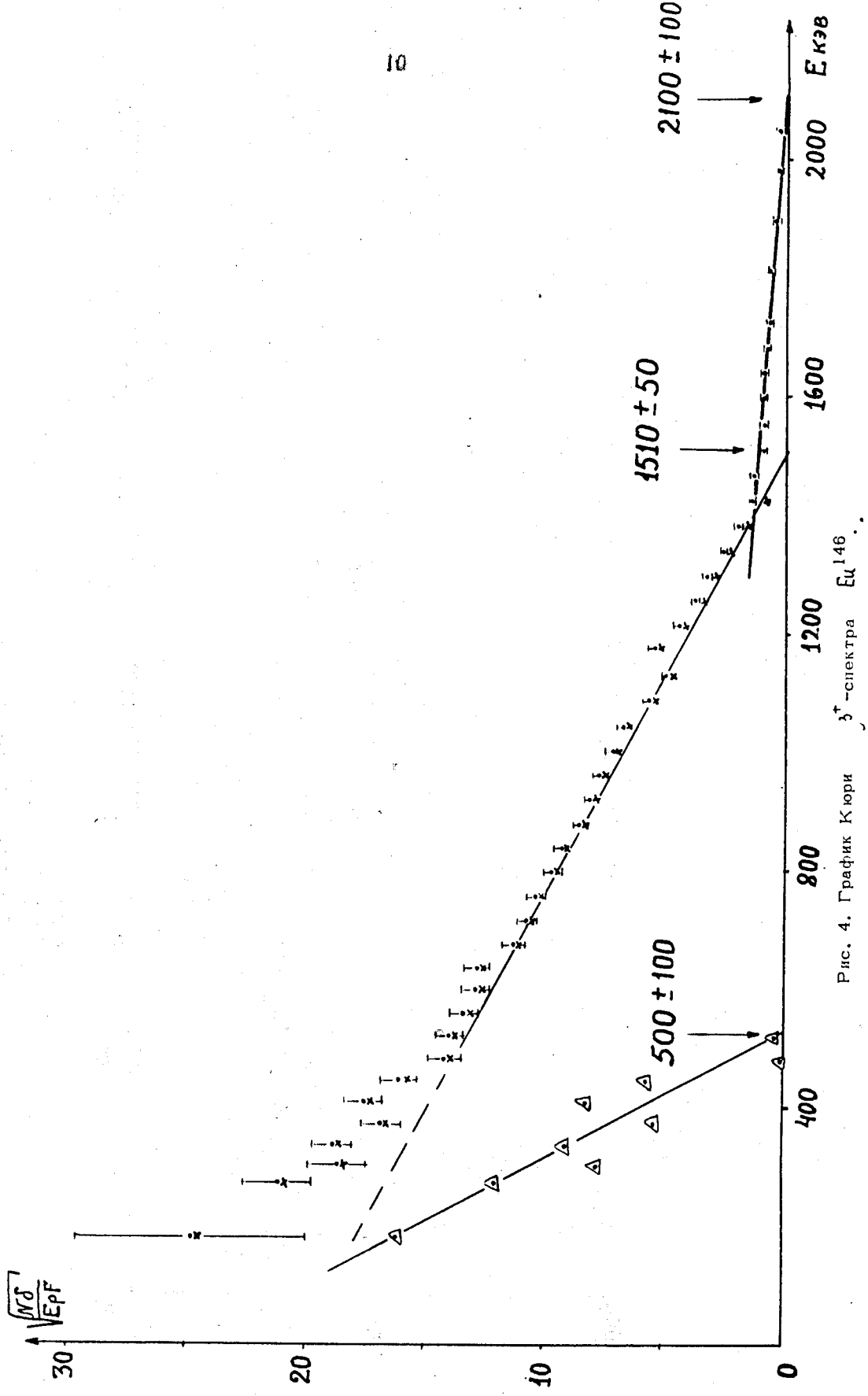


Рис. 4. График Кюри 3^+ -спектра Eu^{146} .

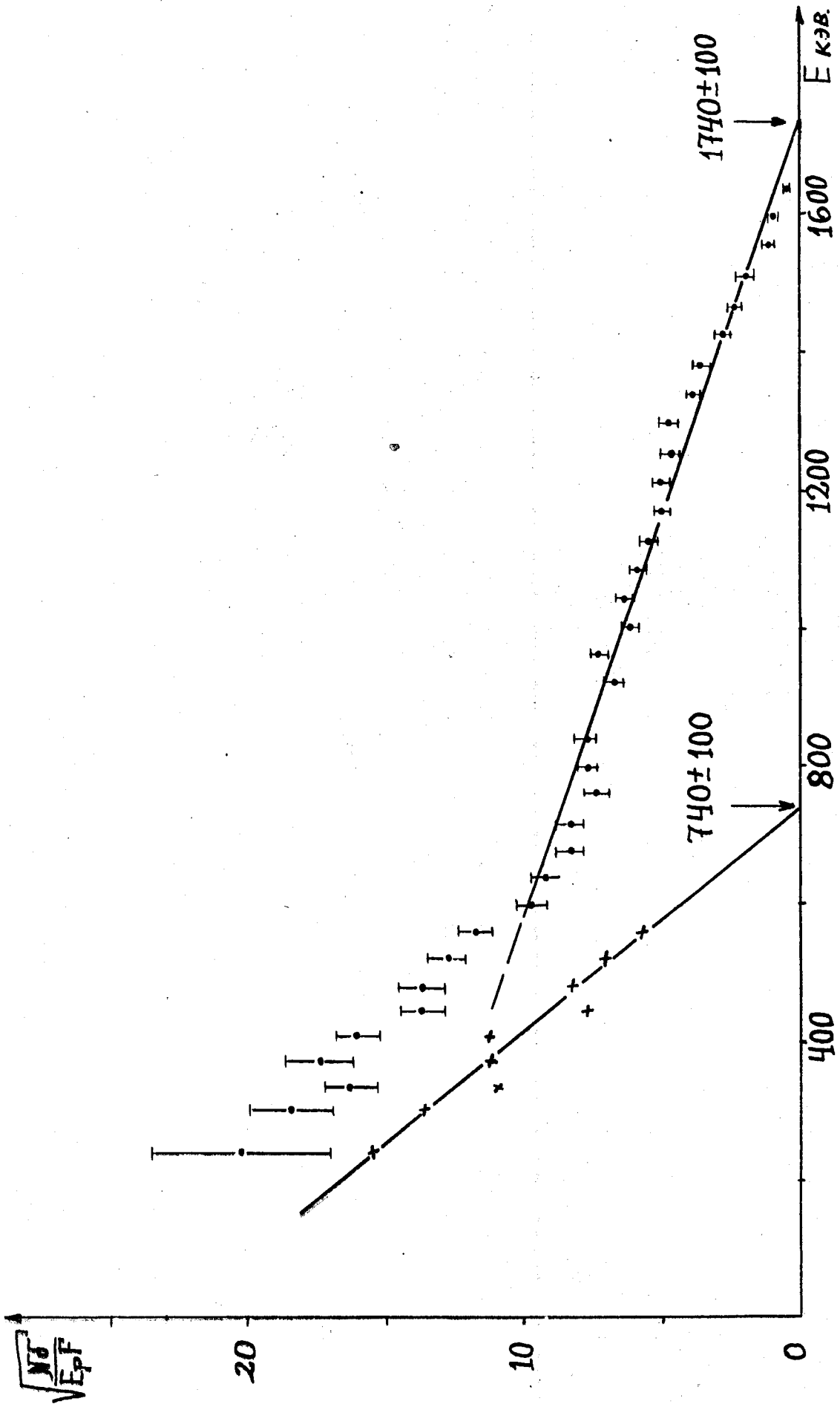


Рис. 5. График Кюри β^+ - спектра Eu^{145} .

Б.С. Дзелепов, Ж.Т. Желев, А.В. Кудрявцева

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ Eu^{146} x/

Спектр конверсионных электронов Eu^{146} был исследован с помощью β -спектрометра с трехкратной фокусировкой пучка [1,2]. Исследования проводились с тремя источниками:

1. Мы объединили 5 гадолиниевых источников из 4-х часовых облучений, чье время возраст 1-5 месяцев, и из них выделили европий хроматографическим методом. „Eu 1”. В этом препарате присутствовали Eu^{146} , Eu^{147} и Eu^{148} ; возможно что присутствовал и Eu^{148} .

2. Из гадолиниевого источника из мишени долгого облучения, также хроматографическим методом была выделена европиевая фракция. При этом, нам удалось получить почти чистый Eu^{146} . „Eu 2”.

3. Из гадолиния, оставшегося после вторичного выделения из него дочернего европия, был изготовлен препарат „Gd 1” для изучения нарастания в нем линий Eu^{146} . В этом препарате присутствовали Gd^{148} , Gd^{151} и Gd^{153} и накапливался Eu^{146} .

При измерениях, проведенных с первым источником было замечено большое число неизвестных ранее конверсионных линий, интенсивность которых убывала с периодом около 4,5-5 дней. Так как в препарате „Eu 1” присутствовал только один изотоп европия с периодом 4,6 дня — Eu^{146} — и не было 5-дневного Eu^{145} , то все линии, интенсивность которых убывала с периодом 4,5-5 дней мы приписали Eu^{146} .

На препарате „Gd 1” мы проследили за нарастанием линий К 282, К 396, К 412, К 635 и К 748. Оказалось, что нарастание происходит с периодом около 5 дней.

Позитронный спектр и спектр конверсионных электронов Eu^{146} (рис. 1,2) повторно исследовались на втором и третьем источниках „Eu 2” и „Gd 1”.

x/ Доложено на третьем совещании по нейтронодефицитным изотопам в Дубне в июне 1960 г.

Полученные данные, относящиеся к позитронному спектру, хорошо согласуются со старыми нашими данными, которые докладывались на X-м совещании по ядерной спектроскопии, но не согласуются с данными Михелича [3]. Мы указывали компоненты с граничными энергиями 2100, 1510 и 500 Кэв., а Михелич дает 1190 и 960 Кэв. Наши новые данные: 2240, 1520 и 550 Кэв. Энергия переходов и относительные интенсивности К-линий для наблюдаемых нами линий Eu^{146} приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

E_{γ} /по К-пику/ в Кэв	282 \pm 2	396 \pm 2	433 \pm 2	635 \pm 1	668 \pm 3	705 \pm 3
$\frac{K}{K\ 748} \cdot 100$	13 \pm 3	8 \pm 2	17 \pm 2	75 \pm 6	-	-
E_{γ} в Кэв /по К-пику/	748 \pm 1	902 \pm 2	1064 \pm 3	1154 \pm 3	1181 \pm 3	1301 \pm 2
$\frac{K}{K\ 748} \cdot 100$	100	5,0 \pm 0,3	2,0 \pm 0,4	1,8 \pm 0,3	1,0 \pm 0,2	2,0 \pm 0,4
E_{γ} по К-пику/ в Кэв	1336 \pm 3	1537 \pm 3	1563 \pm 3 ^{x/}	412 \pm 2	-	-
$\frac{K}{K\ 748} \cdot 100$	0,7 \pm 0,2	1,1 \pm 0,2	0,4 \pm 0,2	6 \pm 1,5	-	-

Мы можем еще указать на существование конверсионных линий, кроме приведенных в таблице 1, в области энергий 1350-1500 Кэв /3-4/ линии

/рис. 2/, в области 1760 и 2100 Кэв. Мы не можем определить точно энергию этих переходов, так как первая группа линий не разрешается на нашем приборе, а последние очень слабы. Нами не изучалась более жесткая часть конверсионного спектра.

Отметим, что по энергии найденные нами переходы хорошо совпадают с недавно сообщенными Михеличем [3].

^{x/} К линия с $h\nu = 1563 \pm 3$ Кэв, по-видимому, относится к какому-то долгоживущему изотопу годолина.

Л и т е р а т у р а

1. см.ссылку [1] на стр. 6.
2. см. на стр.3.
3. E.G.Funk, C.F.Schwerdtfeger and J.Mihelich. Bul.Amer.Phys.Soc. vol.5, N.4;254 (1960).

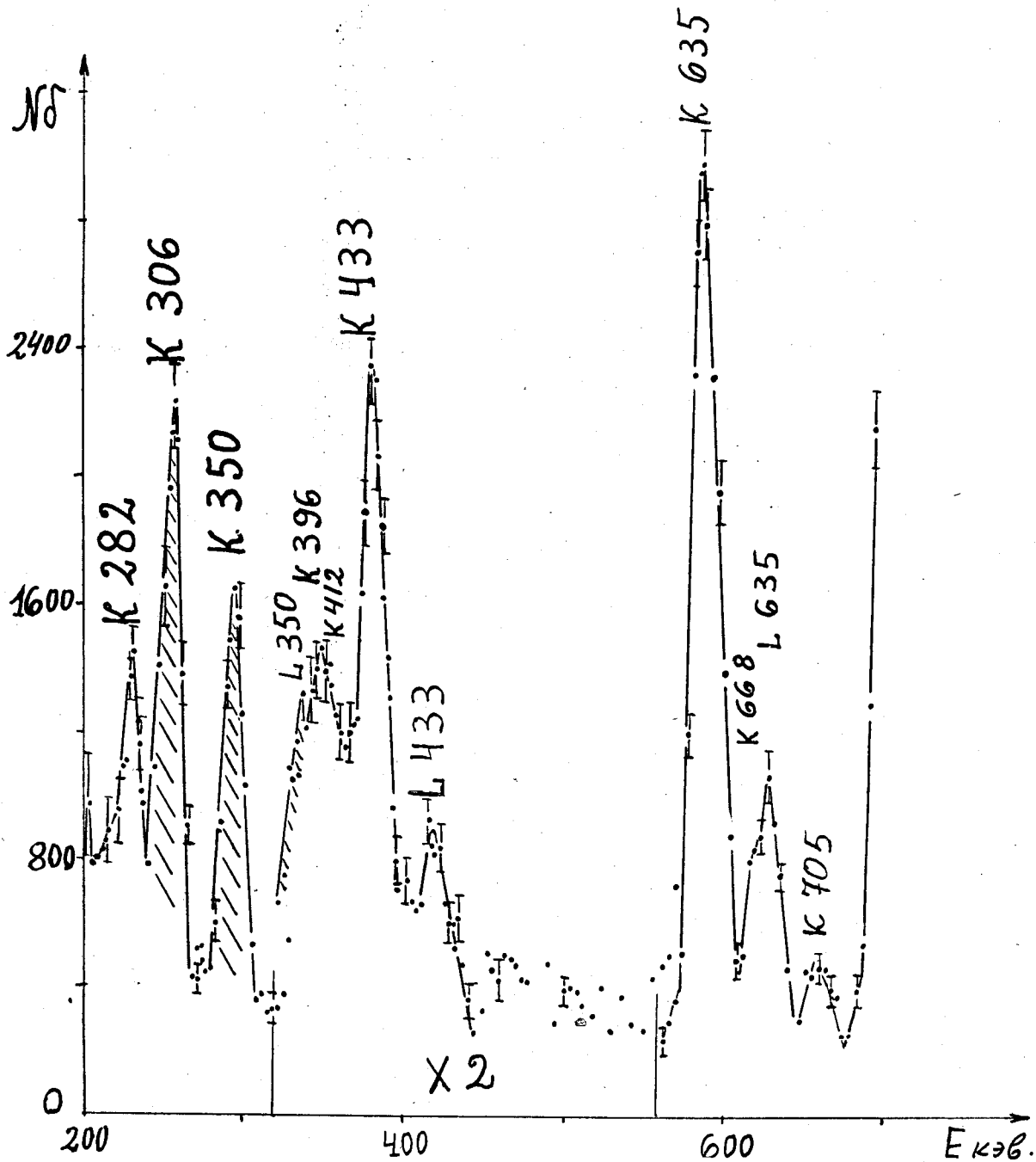


Рис. 1. Конверсионный спектр Eu^{146} в мягкой области. Заштрихованные линии принадлежат: $\text{Gd}^{151} / \text{K} 306 /$ и Gd^{149} и $\text{Gd}^{151} / \text{K} 350 /$. N - число совп. в мин. δ - взято из таблицы Желелова и Зыряновой. Измерения проводились на двойной камере в режиме двойных совпадений.

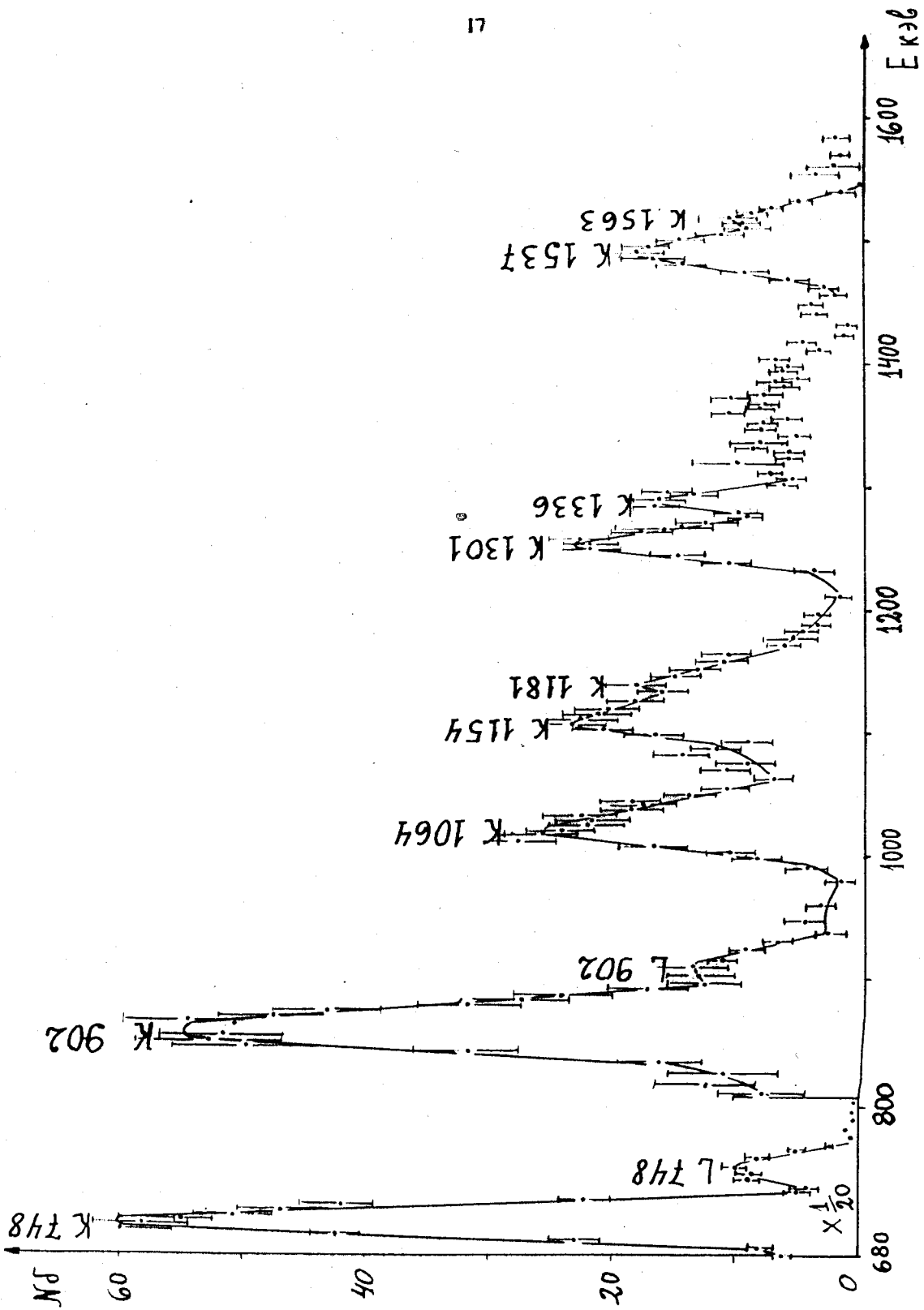


Рис. 2. Конверсионный спектр Eu^{146} в жесткой области. Измерения проводились на тройной камере в режиме двойных совпадений.

Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В. Кудрявцева, Р. Степич

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ Eu^{148} и Eu^{149} x/

Конверсионный спектр Eu^{148} и Eu^{149} исследовался на спектрометре с трехкратной фокусировкой пучка [1,2]. Изотопы европия получались хроматографическим отделением европия от других редких земель, образовавшихся при бомбардировке танталовой мишени протонами с энергией 660 Мэв в течение нескольких месяцев на рассеянном пучке. Мишень выдерживалась 1,5 месяца, после чего было сделано хроматографическое разделение. Измерения начались через месяц после конца разделения и проводились на двойной камере в режиме двойных совпадений [2]. В нашем источнике могли находиться Eu^{149} , Eu^{148} и Eu^{147} . Источник изучался в течение 100 дней. На участке 180-720 Кэв обнаружено 3 линии Eu^{147} / $T_{1/2} = 24$ дня/, известных по литературе [13], и 13 линий, принадлежащих более долгоживущим изотопам Eu : Eu^{148} / $T_{1/2} = 54$ дня/ и Eu^{149} / $T_{1/2} = 100$ дней/. Этот участок спектра конверсионных электронов изображен на рис. 1. Линии Eu^{147} на рис. 1 заштрихованы; других линий Eu^{147} на рассматриваемом участке не известно. Данные относящиеся к остальным К-линиям приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Данные о К-линиях долгоживущих изотопов Eu .

E_{γ} /по К-пику/ в Кэв	Изотоп	Период полу- распада по наш. данным	Относительные интенсивности К-линий		
			по данной работе		Eu^{149} по [3]
			Eu^{148}	Eu^{149}	
256 ± 1	Eu^{149}	~ 90 дн.	-	25±6	20±2
279 ± 1	Eu^{149}	~ 90 дн.	-	100	100
330 ± 1	Eu^{149}	~ 90 дн.	-	72±7	80±8
350 ± 2	неизв.	хх/	-	-	-
414 ± 2	Eu^{148}	57 дн.	28 ± 4	-	-
507 ± 2	неизв.	хх/	-	-	-
530 ± 3	неизв.	хх/	-	-	-
552 ± 2	Eu^{148}	57 дн.	100	-	-
635 ± 2	Eu^{148}	57 дн.	52±4	-	-
721 ± 4	Eu^{148}	57 дн.	13 ± 2	-	-
751 ± 4	неизв.	хх/	-	-	-

x/ Доложено на 111-м совещании по нейтронодефицитным изотопам в Дубне в июне 1960 г.

хх/Определение периода полураспада не закончено: он лежит в пределах 55-90 дней.

Если линии Eu^{148} и Eu^{149} привести по периодам 54 дня и 100 дней к моменту выделения, то получается $K\ 552/K\ 279 = 0,146$.

Переходы с энергией 414, 552, 635 и 721 Кэв, по-видимому, идентичны с переходами с энергией 400, 560, 630 и 720 Кэв, наблюдавшимися при распаде Pm^{148} [4]. В этом случае они принадлежат Eu^{148} и могут быть размещены в схеме уровней Sm^{148} /дочернего ядра Eu^{148} и Pm^{148} /рис. 2/. Принадлежность переходов 350, 507, 530 и 751 Кэв к определенному изотопу европия / Eu^{148} или Eu^{149} / нами до сих пор не установлена. Изменения продолжаются.

Кроме нас Eu^{148} и Eu^{149} исследовали многие авторы [3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Однако конверсионный спектр изучался только в работе Антоньевой и др. [3]. В этой работе наблюдались 3 первых линии таблицы 1; остальные линии в литературе не указывались.

Л и т е р а т у р а

1. см.ссылку [1] на стр. 6.
2. см. на стр. 3.
3. Н.А. Антоньева, А.А. Башилов, Б.С. Джелепов, В.В. Ильин, Б.К. Преображенский. Изв. АН СССР /сер.физ./, т.23, № 2 /1959/.
4. S.K.Bhattacharjee, Baldev Sahai and C.V.Baba. Nucl.Phys. V, 12, 356 (1959).
5. I.D.Kurbatov and M.L.Pool. Phys.Rev. 63, 463 A (1943).
6. G.Wilkinson and H.G.Hicks. Phys.Rev. 80,491 (1950).
7. см. ссылку [2] на стр. 6.
8. I.A.Marinsky and L.E.Glendenin. NNS - PPR 9, 1969 (1951).
9. R.Neff (табл.Сиборг и др. Rev.Mod.Phys., 30(1958)).
10. R.G.Mack, D.L. Prickett and M.L.Pool. Phys.Rev. 86,633a (1952).
11. R.G.Mack, J.J.Neuer and M.L.Pool. Phys.Rev. 91,497 A (1953).
12. Г.Городинский, А.Мурин, В.Покровский, Б.Преображенский. Изв.АН СССР, /сер.физ./ 21, 1624 /1957/.
13. Н.М. Антоньева, А.А. Башилов, Б.С. Джелепов, Б.К. Преображенский. Изв. АН СССР, т.22, № 8. /1958/, /сер.физ./.

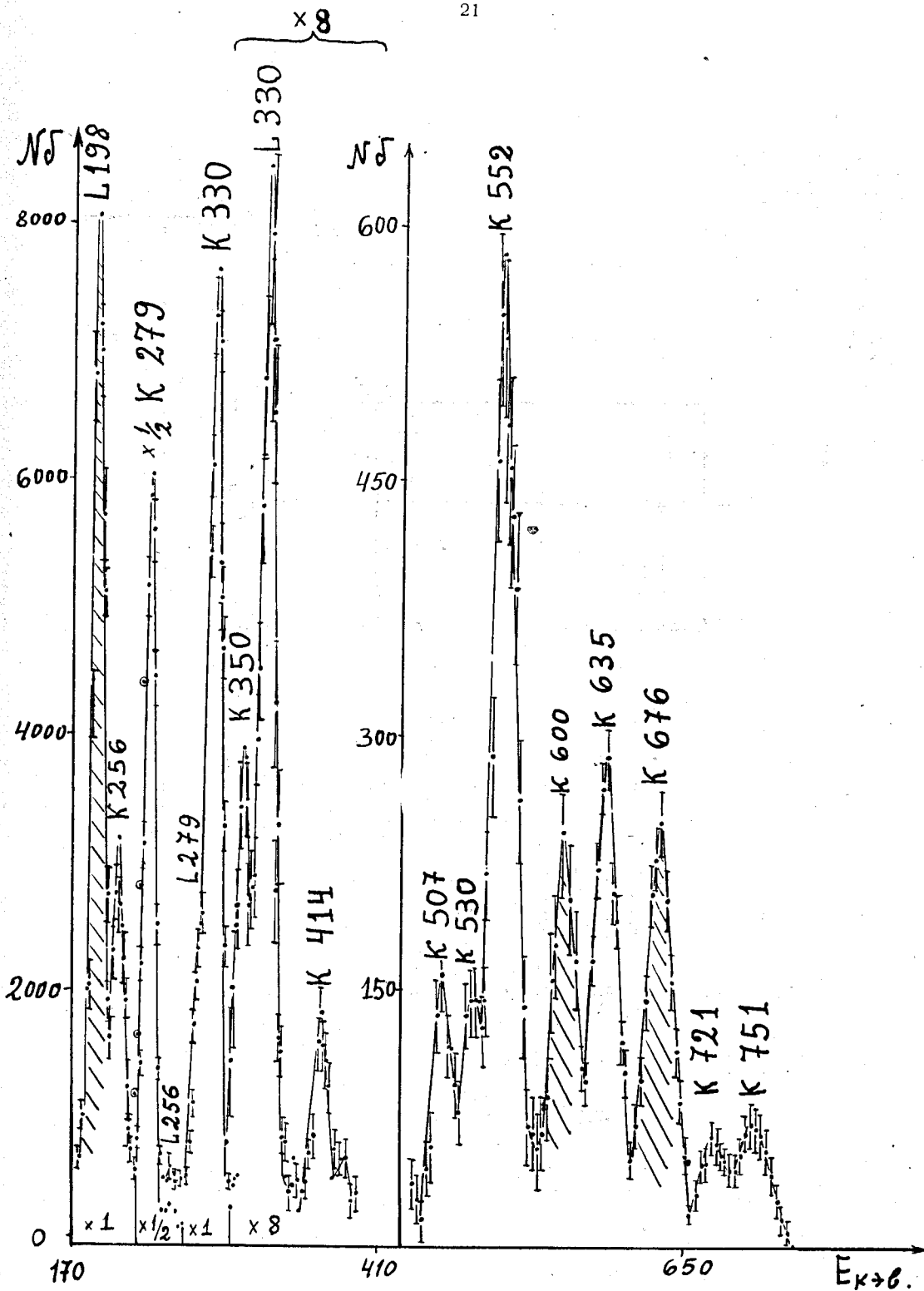


Рис. 1. Экспериментальный спектр электронов Eu^{149} , Eu^{148} и Eu^{147} в области энергий $180 \div 720$ Кэв. Заштрихованные линии принадлежат Eu^{147} . N - имп.мин. $^{-1}$, δ - функция из табл. Б.С.Джелеева, Л.Н.Зыряновой, 1956г.

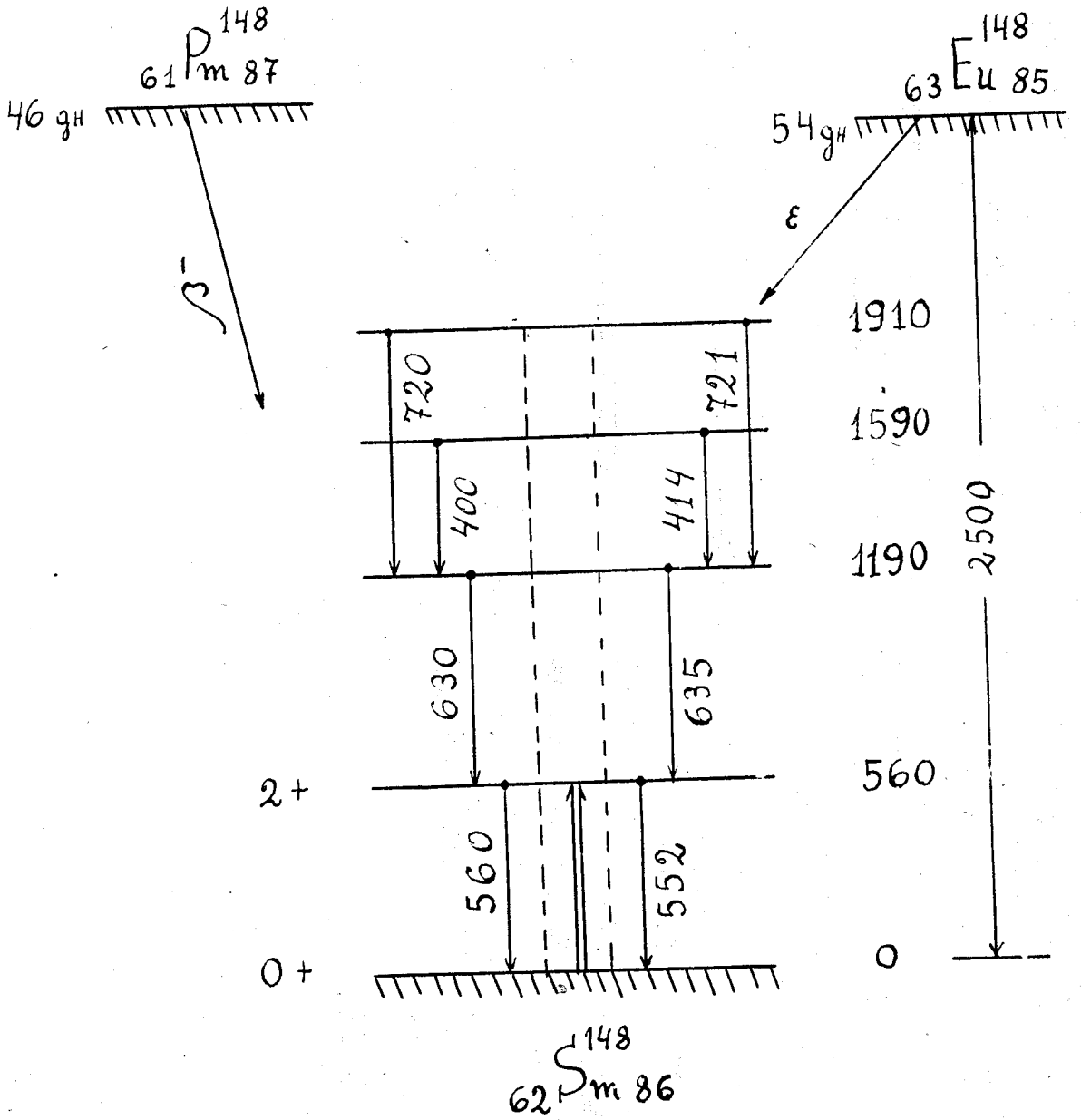


Рис. 2. Схема распада Eu^{148} .

Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В. Кудрявцева

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЗИТРОННОГО СПЕКТРА ТЕРБИЕВОЙ ФРАКЦИИ^{*}

Позитронный спектр тербиевой фракции исследовался с помощью β -спектрометра с трехкратной фокусировкой [1,2]. Фракция тербия получалась хроматографическим отделением из танталовой мишени, облученной в течение двух часов протонами с энергией 660 Мэв. Активность наносилась на алюминиевую фольгу толщиной 5 м. Размеры источника составляли 15x2 мм². Измерения начинались спустя 5 часов после конца облучения.

Раньше, в Ленинграде, нам [2,3] удалось изучить только жесткую часть позитронного спектра Tb^{150} / $T_{1/2} = 3,5$ часа/. В старых исследованиях мишень облучалась 4 часа, а измерения начинались спустя 20 часов после конца облучения. В этих условиях сильно проявлялся позитронный спектр двадцатичасовых изотопов тербия: Tb^{151} / $T_{1/2} = 18,1$ часа/ [4]; Tb^{152} / $T_{1/2} = 19,3$ часа и Tb^{154} / $T_{1/2} = 17,5$ часа/ [5,6]. Тогда было невозможно получить позитронный спектр Tb^{150} в мягкой области методом вычитания, так как он составлял меньше 10% всего спектра.

В этом докладе мы приводим данные, полученные в Дубне в условиях, более благоприятных для короткоживущего изотопа. Нами были проведены две серии измерений на одном источнике. Сначала снималась линия К - 640 Кэв $Tb^{149} + Tb^{150}$, потом жесткая часть β^+ -спектра, начиная с энергии 2800 Кэв, и через 6 часов от начала измерений жесткой части спектра изучался начальный участок. Через 26 часов, когда оставались только двадцатичасовые и более долгоживущие изотопы тербия, была сделана вторая серия измерений. После вычитания этого β^+ -спектра /он составлял около 60%/ и приведения всех точек остатка к одному времени по периоду 3,5 часа было произведено разложение остатка на компоненты по графику Кюри /рис.1/. Обнаружены две компоненты β^+ -спектра, которые имеют граничные энергии

^{*} Доложено частично на 2-м совещании по нейтронодефицитным изотопам в Дубне в июне 1959 г. и частично на X совещании по ядерной спектроскопии в Москве в январе 1960 г.

3720±80 и 1740±100 Кэв. Отношение интенсивностей этих двух компонент равно $\frac{\beta^+(3720)}{\beta^+(1740)} = 2,5$.

В нашем источнике к началу измерений β^+ -спектра из короткоживущих изотопов тербия могли находиться: $Tb^{149} / T_{1/2} = 4,1$ часа / [7,8] и $Tb^{150} / T_{1/2} = 3,5 \pm 0,2$ часа / [2,3], $Tb^{148} / T_{1/2} = 3,1 \pm 0,2$ часа / [9]. Tb^{148} с периодом полу-распада 70 мин [7] нам практически не мешал. В нашем источнике линия К-780 Tb^{148} даже в начале измерений отсутствовала. По данным О.Е.Крафт и сотр. β^+ -спектр Tb^{148} гораздо слабее, чем β^+ -спектр Tb^{150} даже в первые часы измерений. Жесткая компонента β^+ -спектра $E_{гр.} = 3720 \pm 60$ Кэв/ принадлежит Tb^{150} [3].

Возникают некоторые затруднения при идентификации мягкой компоненты: она может принадлежать Tb^{149} или Tb^{150} ; для решения этого вопроса необходимы дополнительные наблюдения за спаданием интенсивности различных участков β^+ -спектра. По таблицам Леви и Камерона [10, 11] разность масс $Tb^{149} - Gd^{149}$ соответственно равна 2770 и 3218 Кэв. По нашим данным, если предположить, что компонента с $E_{гр.} = 1740 \pm 100$ Кэв относится к Tb^{149} и идет на основной уровень Gd^{149} , то $\Delta M = 2780$ Кэв, Если линия К-640 принадлежит целиком Tb^{150} , то отношение $\frac{\beta^+/3720 / Tb^{150}}{К-640 Tb^{150}} = 39$.

Л и т е р а т у р а

1. См. ссылку [1] на стр. 6.
2. См. на стр. 3.
3. Б.С.Джелепов, Ж.Т.Желев, А.В.Кудрявцева. Доклады X ежегодного совещания по ядерной спектроскопии в Москве 1960 г.
4. Н.М. Антоньева, А.А. Башилов, Б.С. Джелепов и Б.К. Преображенский, ДАН СССР, т.119, № 2, 1958 г.
5. T.Handley, W.Lyon. Phys.Rev. 99,1415 (1955).

6. G.Wilkinson, H.Hicks. Phys.Rev. 79,815 (1950).
7. J.S.Toth, J.O.Rasmussen. J.Inorg.Nucl.Chem. 10,198 (1959).
8. J.O.Rasmussen, S.G.Thompson and A.Chirso. Phys.Rev. 89,33 (1953).
9. K.S.Toth, S.Bjornholm, M.Jorgensen, O.B.Nielsen and O.Skilbreind. Phys.Rev. 116,118 (1959).
10. См. ссылку [8] на стр. 6.
11. См. ссылку [9] на стр. 6.
12. См.ссылку [6] на стр. 6.

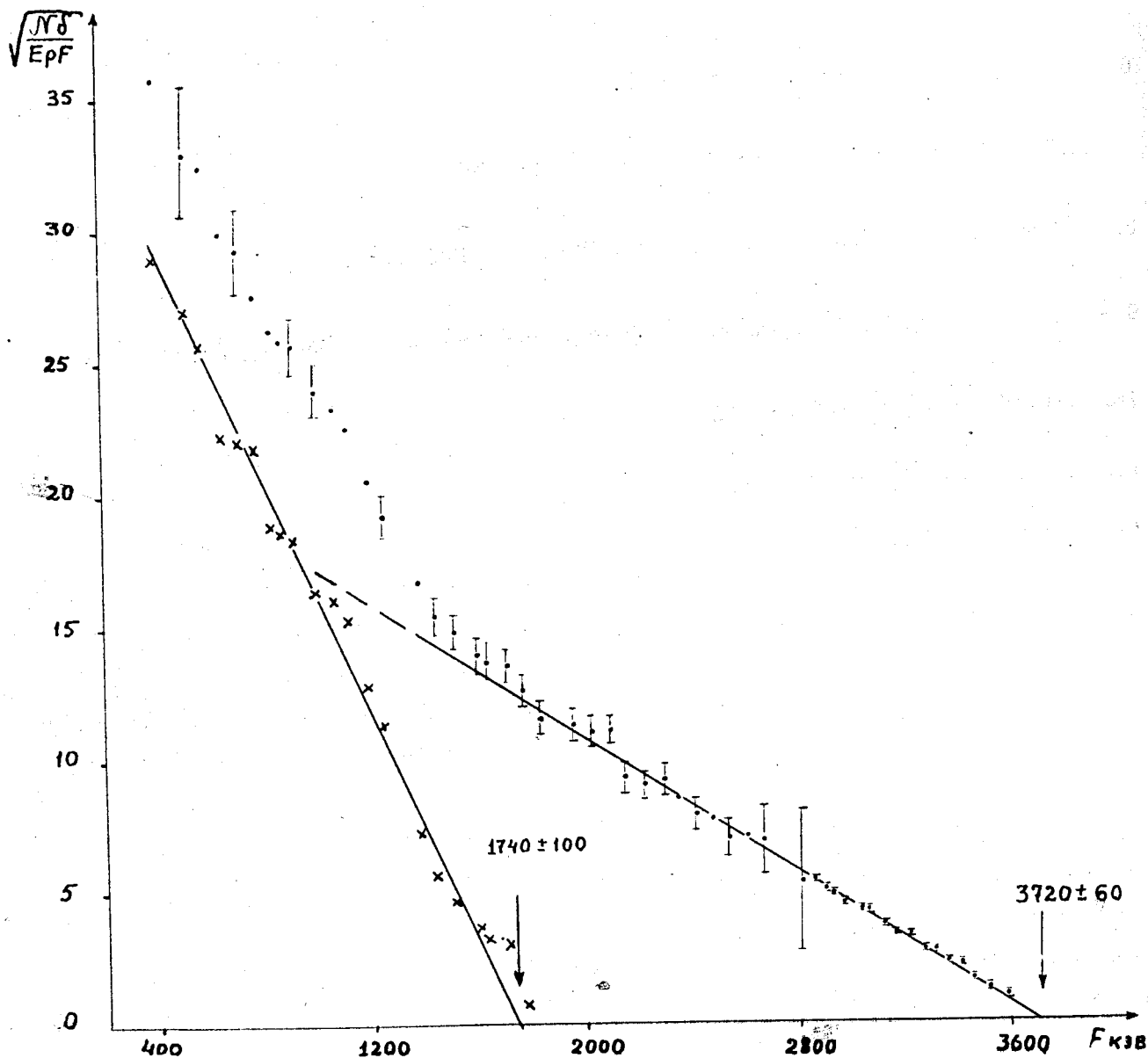


Рис. 1. График Кюри для позитронного спектра 3,5-часового $T6$. Жесткая компонента принадлежит $T6^{150}$, мягкая - $T6^{148}$ или $T6^{150}$. N - число совпадений в мин, δ - взято по таблицам Железова и Зыряновой.

Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В. Кудрявцева, Р. Степич

ИССЛЕДОВАНИЕ β^- -СПЕКТРА И КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ Tu¹⁶⁸ x/

В настоящей работе нами было предпринято исследование β^- -спектра и спектра конверсионных электронов Tu¹⁶⁸ при помощи β^- -спектрометра с трехкратной фокусировкой пучка [1,2]. Изотоп Tu¹⁶⁸ получался хроматографическим отделением тулия от других редких земель, возникавших при бомбардировке танталовой мишени протонами с энергией 660 Мэв в течение нескольких месяцев на рассеянном пучке. Мишень выдерживалась 1,5 месяца, после чего было сделано хроматографическое разделение. Измерения начались через 3,5 месяца после конца облучения и проводились на двойной камере в режиме двойных совпадений [2]. За это время все короткоживущие изотопы тулия распались, кроме Tu¹⁶⁷ с $T_{1/2} = 9,6$ дн. Самая интенсивная конверсионная линия этого изотопа К 208 Кэв еще была заметна.

Tu¹⁶⁸ изучался во многих работах. Уилкинсон и Хикс [3] первые обнаружили изотоп тулия с периодом полураспада $T_{1/2} = 85 \pm 2$ дня и по выходу реакции идентифицировали его как Tu¹⁶⁸. Хандлей и Олсон [4] тоже обнаружили изотоп тулия с $T_{1/2} = 87$ дн. Уилкинсон и Хикс [3] методом поглощения исследовали излучения, возникающие при распаде Tu¹⁶⁸. Они указывали на существование L и K-рентгеновского излучения, γ -лучей с энергией 0,21 и 0,85 Мэв и электронов с энергией 0,16 и 0,5 Мэв. Электроны с энергией 0,5 Мэв авторы отнесли к возможному β^- -распаду Tu¹⁶⁸. Однако, существование β^- -распада Tu¹⁶⁸ по этим данным нельзя считать доказанным. Как уже известно [5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 и др.] при распаде Tu¹⁶⁸ возникают γ -лучи различной энергии и заметной интенсивности, и наблюдаемые Уилкинсоном и Хиксом электроны могут быть связаны с внутренней конверсией этих γ -лучей. При такой сложной схеме распада методом поглощения невозможно доказать существование слабых β^- -переходов.

Благодаря малому фону нашего прибора, нам удалось изучить спектр и некоторые конверсионные линии Tu¹⁶⁸. β^- -спектр оказался простым.

x/ Доложено на третьем совещании по нейтронодефицитным изотопам в Дубне в июне 1960 г.

Граничная энергия, определенная по графику Кюри, равна 980 ± 30 Кэв /рис.1/.
Отношение интенсивности β^- -спектра /экстраполированного к нулю по формуле Ферми/ к интенсивности линии К-448 Кэв равно 39 ± 3 .

Могут возникнуть некоторые сомнения в правильной идентификации этого спектра. Как известно [11], Tu^{170} имеет $T_{1/2} = 120$ дней и распадается тоже путем β^- -перехода в Yb^{170} . β^- -спектр Tu^{170} двухкомпонентный с $E_{гр. 168} = 950$ и 867 Кэв. Таким образом, граничные энергии β^- -спектров Tu^{168} и Tu^{170} почти одинаковые, а периоды полураспада близки. Различить их по периоду трудно. Нами были сделаны дополнительные опыты, которые позволяют с большой вероятностью отнести замеченный β^- -спектр к изотопу Tu^{168} .

1. Если бы в нашем препарате была заметная примесь Tu^{170} , то мы должны были бы наблюдать конверсионные линии L и M 84,2 Кэв. Tu^{170} . Наблюдения показали, что эти линии, если присутствуют, то по крайней мере в 16 раз слабее, чем L и M 80 Кэв. Tu^{168} .

2. Мы снимали L и M конверсионные линии γ -перехода с энергией 84,2 Кэв и β^- -спектр Tu^{170} , полученного по реакции n, γ . L-линия этого перехода на максимуме создавала скорость счета в 1,4 раза больше, чем β^- -спектр на максимуме. В нашем же источнике Tu^{168} из долгого облучения L-линия γ -перехода 80 Кэв создавала скорость счета в 5 раз больше, чем β^- -спектр на максимуме. Источники по толщине были приблизительно одинаковые. Этот же источник исследовался Е.П. Григорьевым и сотрудниками на спектрометре с фокусировкой $\pi\sqrt{2}$ при разрешении 0,2%. Они указывают верхний предел присутствия Tu^{170} равным 20%.

3. Из старых наших измерений с источниками, полученными при 4-х часовых облучениях Ta видно, что отношение максимума счета на К-линии 448 Кэв к максимуму счета на β^- -спектре сохраняется постоянным в течение долгого времени и составляет около двух. У источника долгого облучения это отношение также около двух.

Таким образом, из наших данных следует, что примесь β^- -спектра Tu^{170} была меньше 20%, и мы считаем, что замеченный нами β^- -спектр относится к Tu^{168} . Мы пытались найти L-линию γ -перехода 87,65 Кэв

в Yb^{168} , которая известна из распада $Lu^{168} \rightarrow Yb^{168}$ [13, 14]. Она на нашем приборе не разрешается от M -линии $h\nu = 80$ Кэв. Tu^{168} . Обычно M -линия составляет около 25-30% от L -линии того же перехода. На опыте у нас так и получается. По-видимому, L -87, 65 много слабее чем L 80.

Кроме β^- -спектра Tu^{168} , нами были исследованы K -линии переходов 448, 720 и 820 Кэв /рис. 2/. Отношение площадей $\frac{S_K(448)}{S_K(820)} = 4,6 \pm 1$. K линия 720 Кэв хотя и видна, но трудно оценить ее интенсивность, так как она очень слаба.

Авторы приносят благодарность М.К. Никитину за изготовление источника и Ю.И. Рыленкову за участие в измерениях.

Л и т е р а т у р а

1. См. ссылку [1] на стр. 6.
2. См. на стр. 3.
3. G.Wilkinson, H.G.Hicks. Phys.Rev. 75, 1370 (1949).
4. T.H.Handley, E.L.Olson. Phys.Rev. 94, 968 (1954).
5. К.Я.Громов, Б.С.Джелепов, Б.К.Преображенский. Изв. АН СССР сер. физ. 21, 918 /1957/.
6. J.W.Mihelich, B.Harmatz, T.H.Handley. Phys.Rev. 108, 989 (1957).
7. Г.М.Городинский, А.Н.Мурин, В.Н.Покровский, Б.К.Преображенский, Изв. АН СССР, сер.физ. 21, 1004 /1957/.
8. J.W.Mihelich, B.Harmatz. Phys.Rev. 106, 1232 (1957).
9. К.Р.Jacob, J.W.Mihelich, B.Harmatz. BAPS, 2, 260 (1957).

10. В.И.Кочеванов, Р.А.Кузнецов, А.Н.Мурин, В.Н.Покровский, Л.А.Смирнов. Изв. АН СССР, сер.физ.12, 1455 /1959/.
11. Б.С.Джелепов, Л.П.Пекер. Схемы распада радиоактивных ядер 1958 г.
12. К.Р.Jacob, J.W.Mihelich, В.Harmatz and Т.Н.Handley. Phys.Rev. 117,1102 (1960).
13. Е.П.Григорьев и др. Материалы 3-го совещания по нейтронодефицитным изотопам в Дубне в июне 1960 г.
14. R.G.Wilson and M.L.Pool. Phys.Rev.Let. 15,206 (1960).

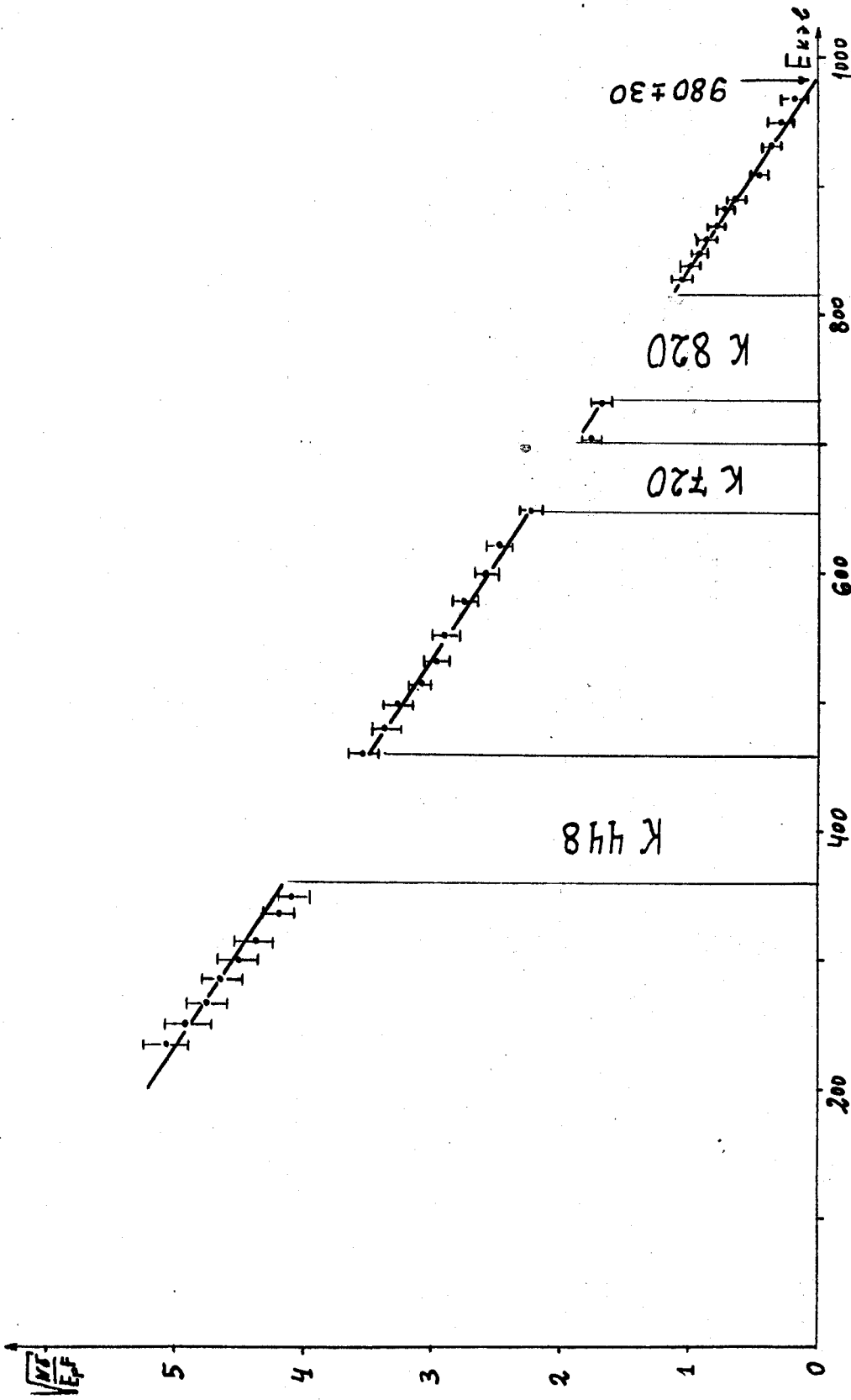


Рис. 1. График Кюри β -спектра Tu 168 M - число совпадений в мин. δ - взято по таблицам Желепова и Зыриновой.

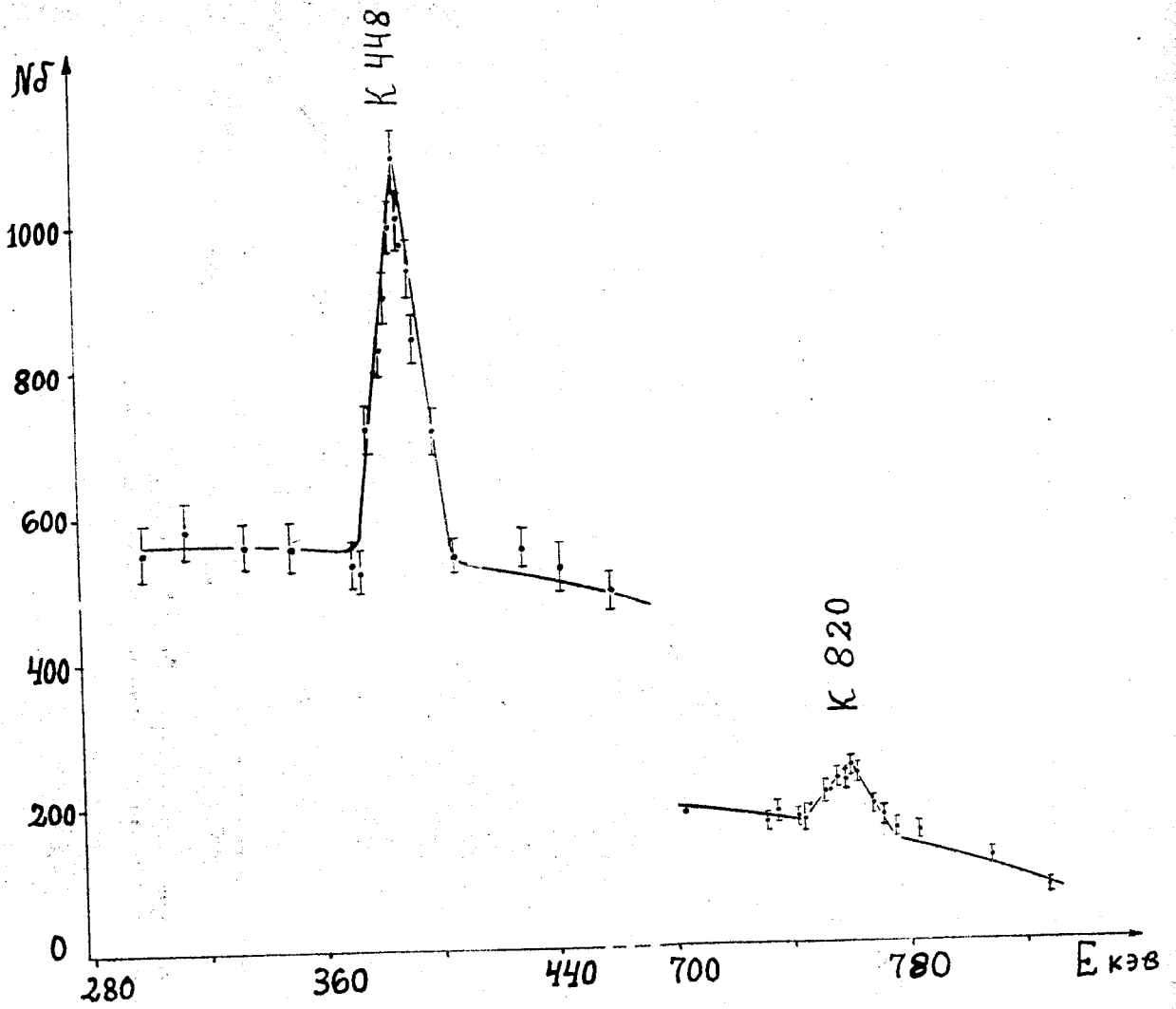


Рис. 2. К конверсионные линии 448 и 820 КэВ Tu^{168} .

Б.С.Джелепов, Ж.Т.Желев, А.В.Кудрявцева, О.В.Ларионов, М.К.Никитин

ИССЛЕДОВАНИЕ β^- -СПЕКТРА ТУЛИЕВОЙ
ФРАКЦИИ^{х/}

β^- - спектр тулиевой фракции исследовался на β^- -спектрометре с трехкратной фокусировкой пучка [1,2] .

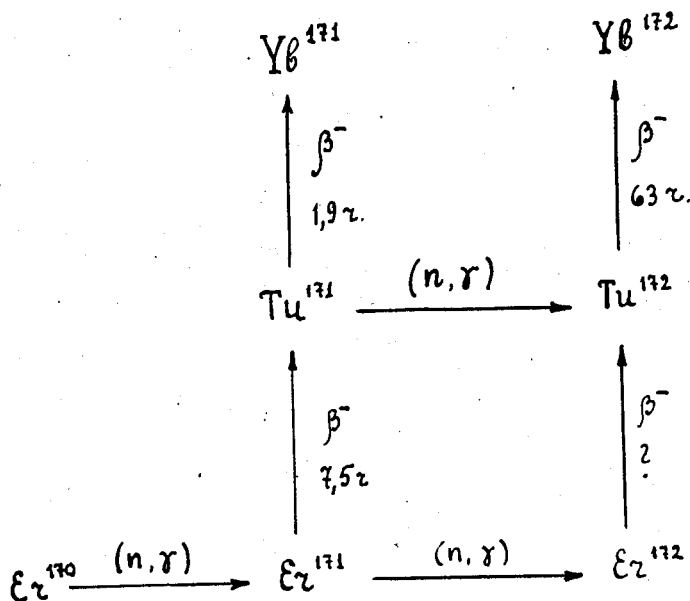
Тулиевая фракция получалась хроматографическим отделением из танталовой мишени, облучавшейся протонами с энергией 660 Мэв в течение четырех часов. Источники и условия измерений аналогичны описанным в работе [2] . Исследования проводились с пятью источниками, полученными из различных мишеней. Обычно измерения начинались спустя 3-6 суток после хроматографического разделения. Для контроля и избавления от возможных примесей один из источников пропусклся через колонку два раза. Результаты, полученные после двойной очистки источника хорошо совпали с результатами, полученными с источниками, которые пропускались через колонку только один раз. На каждом источнике снимались три - четыре серии, начиная с $E = 900$ Кэв до энергии $E = 2300$ Кэв. Нами был получен β^- -спектр с $E_{гр} = 1900 \pm 50$ Кэв /рис. 1/, определенной из графика Кюри. Период полураспада определялся при разных значениях энергии: $E = 1000$ Кэв, $E = 1290$ Кэв, $E = 1380$ Кэв: среднее значение $T_{1/2} = 58 \pm 5$ час /рис. 2/.

В одном из препаратов, после вторичной очистки, были измерены β^- -спектр 58 - часового Tu и конверсионная линия $K 532 Tu^{167}$. Отношение их интенсивностей, приведенное к моменту первого выделения тулиевой фракции, равно 14 ± 3 . Если принять $K 532 / L 208 = 9,4 \pm 1,0 \cdot 10^{-4}$ согласно работе [3] и интенсивность $L 208$ равной $0,30 \frac{\text{эл.}}{\text{распад}}$ [4], то отношение выходов 58-часового Tu и Tu^{167} равно: $14,2 \times 0,3 \times \frac{2,42}{9,6} \times 9,4 \times 10^{-4} = 10^{-3}$.

Впервые Фольгер, Стивенсон и Сиборг [5] в 1951 г. /неопубликованная работа/ заметили неизвестную активность в Tu с периодом полураспада равным 2-3 дня. В 1956 г. Нетавей, Мичел и Нервик [6] прямым способом

^{х/} Доложено на X-м совещании по ядерной спектроскопии в Москве в январе 1960 года.

определили массовое число равное 172 и более точное значение $T_{1/2} = 63,6 \pm 0,3$ часа этой тулиевой активности. Последними же авторами на кривой поглощения в β^- найдена граница β^- -спектра: $E_{гр.} = 1500$ Кэв. Tu^{172} получался в этих опытах в результате последовательного захвата двух нейтронов:



Сходство периодов полураспада поднимает вопрос: не является ли наблюдаемый нами изотоп тулием 172? Если бы это было так, то это было бы первым случаем, когда в реакции $Ta + p$ образуется изотоп, который имеет на 3 нейтрона больше, чем стабильный изотоп /в данном случае Tu^{169} / и на 6 нейтронов больше, чем изотоп с наибольшим выходом в реакции. Однако, пока трудно исключить возможность того, что мы имеем дело с изомером более легкого изотопа Tu .

Авторы приносят благодарность Ю.И.Рыженкову за участие в измерениях.

Л и т е р а т у р а

1. См. ссылку [1] на стр. 6.
2. См. на стр. 3.
3. Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, А.Е. Кудрявцева. ОИЯИ, материалы 2-го совещания по ядерной спектроскопии нейтронодефицитных изотопов редких земель, Дубна 1959 г. № 475, стр. 112.
4. К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, Б.К. Преображенский. Изв. АН СССР /сер. физ./. 21, 918, 1957.
5. Folger R.L., Stevenson P.C., Seaborg G.T. (табл. Сиборг и др. Rev. Mod. Phys. 30, (1958)).
6. D. Nethaway, M. Michel, W. Nervik, Phys. Rev. 103, 147 (1956).

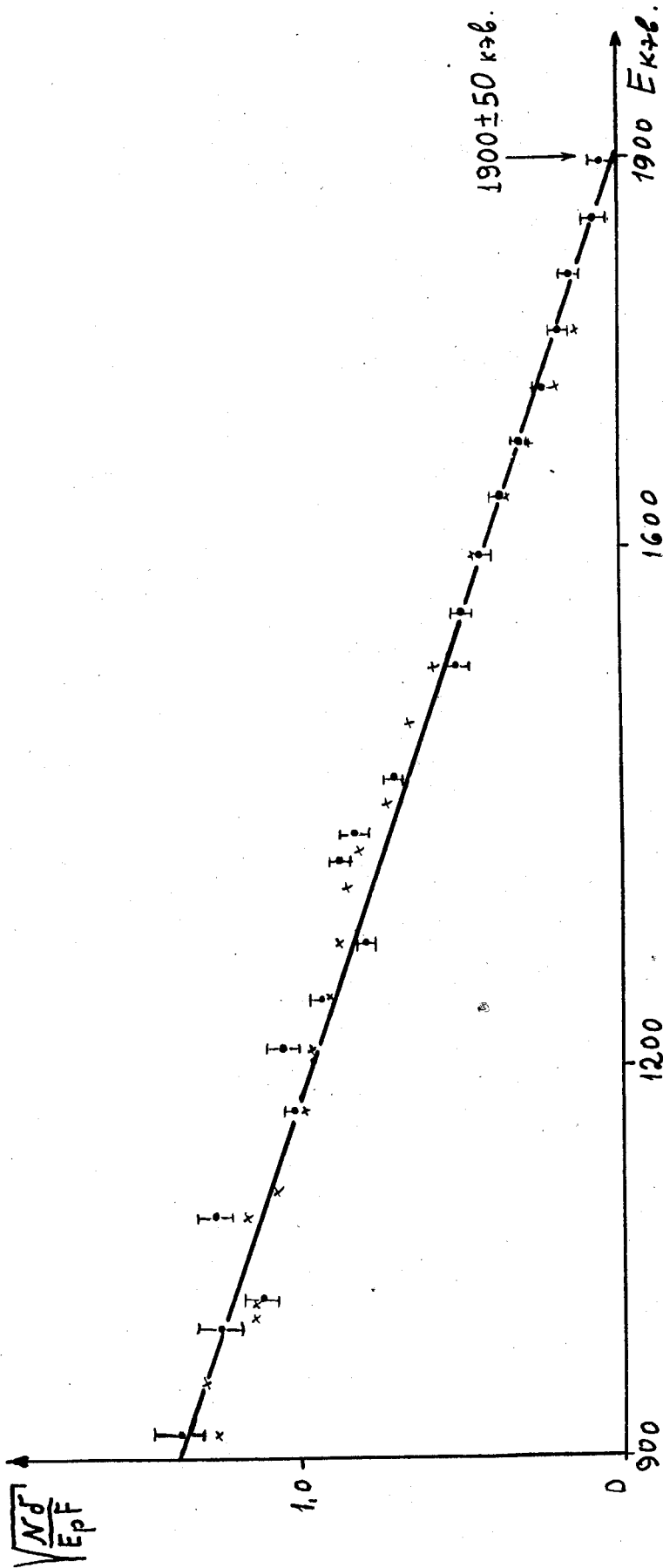


Рис. 1. График Кюри β -спектра 58-часового Tu . •/ первая серия.
 x/ вторая серия через 3-е суток. M - число совпадений в мин.
 δ - взято по таблицам Джеллепова и Зыряновой.

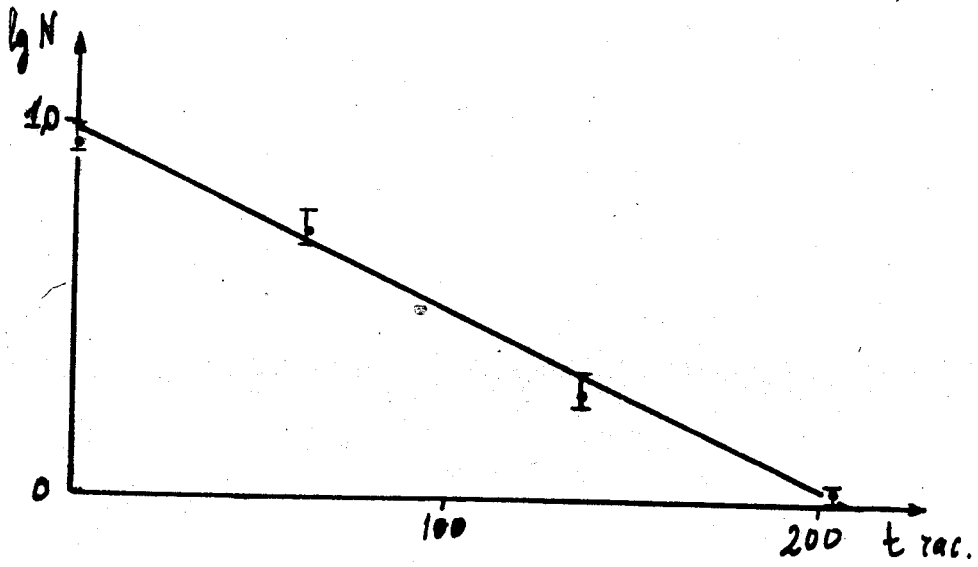


Рис. 2. Кривая полураспада 58-часового Tu .

Рукопись поступила в издательский отдел
13 августа 1960 года.