

СЗ41-18

25

Г. 874

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P-1857

К. Я. Громов, Б. С. Джелепов, Ж. Желев,
В. Г. Калинин, А. В. Кудрявцева, В. В. Кузнецов,
Н. А. Лебелев, Г. Музиоль, Э. Херрманн

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА
КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ
И СПЕКТРОВ ПОЗИТРОНОВ
НЕОДИМОВОЙ ФРАКЦИИ.

НОВЫЙ ИЗОТОП №¹³⁷

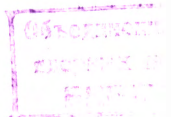
*Nucl. Phys., 1965, v73, n1,
p. 65-73.*

1964

К. Я. Громов, Б. С. Джелепов^{х)}, Ж. Желев,
В. Г. Калинин, А. В. Кудрявцева^{х)}, В. В. Кузнецов,
Н. А. Лебедев, Г. Музволь, Э. Херрманн

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА
КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ
И СПЕКТРОВ ПОЗИТРОНОВ
НЕОДИМОВОЙ ФРАКЦИИ.
НОВЫЙ ИЗОТОП Nd¹³⁷

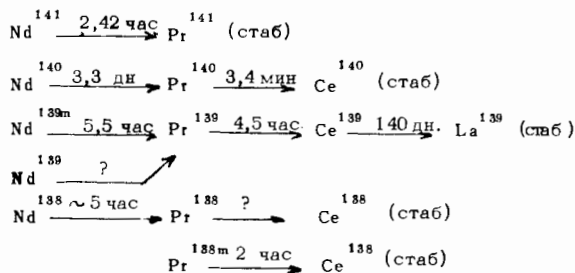
х) Ленинградский Государственный университет.



При помощи β -спектрометра с трехкратной фокусировкой были исследованы спектры конверсионных электронов и позитронные спектры фракция неодима^{х)}. Препараты неодима выделялись хроматографическим методом из танталовых и эрбиевых мишеней, облученных протонами на синхроциклотроне в Дубне в течение 1-1,5 часов.

Измерения препаратов из эрбиевой мишени начинались обычно через 2,5-3 часа после облучения, а из танталовой - через 4-5 часов. В одном опыте танталовая мишень облучалась 5 часов; в этом случае измерения были начаты спустя 9 часов после конца облучения.

В наших препаратах находились известные изотопы:



В препаратах могла присутствовать остатки более короткоживущих, еще неизвестных, изотопов неодима и их дочерние продукты.

Исследование распада нейтрондефицитных изотопов неодима осложняется тем, что как в неодиме, так и в его дочернем празеодиме, наблюдается ряд изомерных состояний. Кроме того, имеются изотопы с близкими периодами полураспада.

Наши опыты были направлены на поиски новых короткоживущих изотопов неодима, возникающих в реакции глубокого отщепления при облучении эрбия и тантала быстрыми протонами. Нами были предприняты все необходимые меры для быстрой химической обработки мишени, быстрого разделения фракций и изготовления источников.

^{х)} Основные результаты работы были доложены на VII совещании по ядерной спектроскопии и теории ядра в Дубне, июнь 1964 г.

При исследовании спектра конверсионных электронов в области энергии от 45 до 800 кэв кроме переходов, ранее известных по работам /1-5, 9/, интенсивность которых убывала с периодом полураспада 5-6 часов, нами были получены сведения о существовании ряда новых переходов с $T_{1/2} = 5,2 - 6,5$ часов. Полученные результаты приведены в таблице 1 и на рис. 1-4. В таблице 1 приведены также данные других авторов. Собранная нами информация недостаточна, чтобы делать какие-либо выводы о схемах распада 5-часовых изотопов неодима. Накопление этой информации продолжается.

Наряду с линиями известных изотопов неодима нами было обнаружено несколько конверсионных линий, интенсивность которых убывала с $T_{1/2} = 55,0 \pm 1,5$ мин (рис. 5, прямые I, III, IV). Из литературы не известен изотоп неодима с близким периодом. В работе Стовер /1/ сообщается о 22-минутном Nd^{138} . Все остальные изотопы неодима имеют периоды полураспада больше 5 ч или очень малые.

Мы наблюдали 6 линий нового изотопа (табл. 2).

Из разности энергии K- и L-линий перехода с энергией 109 кэв следует, что распад происходит в ядре празеодима. В празеодимовой фракции не известен переход с такой энергией. Этот факт исключает возможность приписания активности с $T_{1/2} = 55$ мин какому-то изомеру Pr. Примеси соседних фракций также можно исключить, так как обнаруженные нами конверсионные линии очень интенсивны - скорость счета на максимум K-109 составляла более 50 000 имп./мин.

Необходимо отметить, что при анализе β^+ -спектра неодимовой фракции были обнаружены позитроны с периодом полураспада 54 мин (рис. 5, прямая II). По приближительной оценке граничная энергия позитронов равна 3 Мэв.

Какому изотопу неодима принадлежит период полураспада $55 \pm 1,5$ мин? Чтобы ответить на этот вопрос было проведено два дополнительных опыта.

1. Из фракции неодима спустя 2 часа после разделения был выделен препарат празеодима. Изучался позитронный спектр этого празеодима в области энергий от 1100 до 3300 кэв. В препарате содержались небольшие примеси неодима. В изучавшейся области энергий в β^+ -спектр вносили вклад позитроны, принадлежащие:

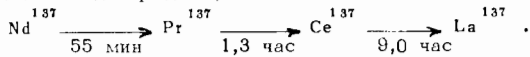


($E_{\text{Гр}} = 3300$ кэв), которые также были исследованы в других опытах на этом же спектрометре. Доля этих позитронов была вычтена из общего позитронного спектра. Интенсивность оставшихся после вычитания позитронов убывает с периодом полураспада $1,2^{+0,2}_{-0,4}$ часа (рис. 6). С таким периодом делались поправки на распад и был построен график Кюри для этих позитронов (рис. 7б). Полученное значение граничной энергии (1730 кэв) и $T_{1/2} = 1,2$ часа позволяет утверждать, что мы наблюдали β^+ -распад Pr^{137} , изучавшегося в работах /6-8/.

Для сравнения нами был исследован позитронный спектр фракции празеодима, выделенной через 2,5 часа после облучения эрбиевой мишени и сразу повторно очищенной от неодима и церия. Измерения были начаты спустя полчаса после очистки. Наблюдались позитроны с граничной энергией 1090 кэв, принадлежащие Pr^{139} ($T_{1/2} = 4,5$ часа) и позитроны Pr^{137} с $E_{\text{гр}} = 1700$ кэв ($T_{1/2} = 1,3$ часа) (рис. 7а). Полученные нами результаты в пределах погрешностей хорошо совпали с данными работ /8-8/.

2. Во втором опыте из фракции неодима, выделенной из эрбиевой мишени через 2,5 часа после облучения, последовательно с интервалами 60 минут методом распределительной хроматографии были получены 3 препарата церия. На сцинтилляционном спектрометре наблюдалось убывание интенсивности рентгеновских лучей этих препаратов. Определенный отсюда период полураспада церия оказался равным 8,3-11 часов (рис. 8). Известно, что Ce^{137} имеет $T_{1/2} = 9,0 \pm 0,3$ часа /8/.

Оба эти опыта подтверждают, что мы имеем дело с цепочкой



По аналогии с соседними нечетными изотопами празеодима (Pr^{139} , Pr^{141} и Pr^{143}) следует ожидать, что первый возбужденный уровень в ядре Pr^{137} может находиться в районе 100 кэв. Из рис. 9а, на котором изображена зависимость энергии первого возбужденного уровня нечетных изотопов Pr от числа нейтронов, видно, что до заполнения нейтронной оболочки ($N=82$) энергия этого уровня плавно нарастает, а после заполнения - резко уменьшается. Для ядер Pr^{139} , Pr^{141} и Pr^{143} известно, что переходы с первого возбужденного состояния в основное имеют $M1$ - мультипольность (переходы из состояния $g\ 7/2$ в состояние $d\ 5/2$; у ядра Pr^{143} состояния $g\ 7/2$ и $d\ 5/2$ меняются местами). Нами сделана попытка определить мультипольность перехода 109,0 кэв. Из отношения интенсивности K -линии к суммарной интенсивности L -линий ($K/L=6,3$) следует, что переход с $E_{\gamma} = 109,0$ кэв имеет мультипольность $M1$ с примесью $E2$ (до 10%).

Разность масс $\text{Nd}^{137} - \text{Pr}^{137}$ по работам /10-12/ равна 4457, 4400 и 4000 кэв соответственно, что в пределах погрешностей совпадает с нашей оценкой по границе позитронного спектра (~ 4000 кэв).

На основе полученных данных можно предложить следующую схему распада $\text{Nd}^{137} \rightarrow \text{Pr}^{137}$ (рис. 9б).

Необходимо отметить, что в наших препаратах излучение Nd^{141} не наблюдается. Это можно объяснить тем, что почти 97% всех распадов происходят путем ϵ -захвата в основное состояние стабильного дочернего ядра Pr^{141} . Небольшой процент (1,9%) позитронного распада Nd^{141} , идущего тоже в основное состояние Pr^{141} , также не заметен на фоне интенсивного β^+ -распада 5-часовых и 3,3-дневного изотопов.

Авторы выражают глубокую благодарность М.И. Илиеску за помощь в измерениях и обработке результатов и Г.М. Воробьеву за участие в измерениях.

Л и т е р а т у р а

1. B.J.Stover, Phys. Rev., 81, 8 (1951).
2. Н.А. Бонч-Осмоловская, Б.С. Джелепов, О.Е. Крафт. Изв. АН СССР, сер. физ., 23, 826 (1961).
3. Г.М. Колесов, Т.В. Малышева, Л.Н. Никитюк. Изв. АН СССР, сер. физ., 27, 1267 (1963).
4. К.Я. Громов, А.С. Данагулян, А.Т. Стригачев, В.С. Шпинель. Изв. АН СССР, сер. физ., 27, 1357 (1963).
5. К.Я. Громов, А.С. Данагулян, Л.Н. Никитюк, В.В. Муравьева, А.А. Сорокин, М.З. Шталь, В.С. Шпинель. Доклад на XIV ежегодном совещании по ядерной спектроскопии, Пр. и тезисы докладов XIV ежегодного совещания по ядерной спектроскопии. Изд. "Наука", М.-Л. (1964) стр. 48. Тбилиси, 1964.
6. G.Danby, A.Thompson, J.Foster, Proc Roy. Soc. Canada, 50, 27A (1956).
7. C.Dahistrom, J.S.Foster, A.L.Thompson, Can. J.Phys., 36, 1483 (1958).
8. G.T.Danby, J.S.Foster, A.L.Thompson, Can. J. Phys., 36, 1487 (1958).
9. Б.С. Джелепов, Л.К. Пекер, В.О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер. Изд. АН СССР, М.-Л., 1963 г.
10. Г.Ф. Драницына. Препринт № 959, ОИЯИ (1962), Дубна.
11. A.Cameron "A Revised Semi-Empirical Atomic Mass Formula", CRP-690 12. (1957), Chalk River, Ontario.
12. J.Ridell "A Table of Levy's Empirical Atomic Mass", CRP-654 (1957), Chalk River, Ontario.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 октября 1964 г.

ТАБЛИЦА № I

Конверсионные линии изотопов неодима, имеющих период
 полураспада $T_{1/2} = 5+6$ час.

КФ ПП	Наши данные				Громов и др. /5/		
	E_e КЭВ	$h\nu$ КЭВ	Относит. интенсив- ности	$T_{1/2}$ час	E_e КЭВ	$h\nu$ КЭВ	Относит. интенсив- ности
1	2	3	4	5	6	7	8
I.	52.5	-	~ 350	6.4	-	-	-
2.	59.5	-	~ 300	6.4	-	-	-
3.	63.0	-	-	-	-	-	-
4.	72.0	KII4.0	6000±1500	5.53	72.0	KII4.0	5100±200
5.	84.7	-	~ 120	6.5	-	-	-
6.	91.0	KI33.0	~ 80	6.5	90.7±0.2	KI32.7	~ 50
7.	107.0	LII3.8	900±200	5.5	107.2	LII4.0	-
8.	112.3	MII3.8	200±50	5.3	112.5	MII4.0	-
9.	120	-	27±5	5.4	-	-	-
10.	126.0	(LI32.8)	23±5	5.9	-	-	-
11.	139.5	KI81.5	24±4	6.0	-	-	-
12.	142.5	KI84.5	26±5	6.0	-	-	-
13.	154.0	KI96.0	60±7	5.5	-	-	-
14.	158.0	K200.0	94±10	5.5	158.1±0.3	K200.1	65±20
15.	168,5	K210.5	60±7	5.6	168.4±0.3	K210.4	25±14
16.	174.5	K216.5	70±8	5.2	174.6±0,3	K216.6	25±14
17.	188.9	K232.5	1000	5.3	188,9±0,4	K232.5	1000
18.	214.5	K256.5	28±6	5.4	-	-	-
19.	226.0	(L+M)232.7	570±30	5.3	225.8	L232.5	340±40
20.	285.0	K327.0	133±12	5.8	285.0±0.5	K327.0	131±15
21.	301.0	K343.0	19±2	5.6	-	-	-
22.	320.0	L326.8	29±3	5.2	-	-	-

I	2	3	4	5	6	7	8
23.	336.5	L 343.3	5,8 \pm 0,8	5.I	-	-	-
24.	357.0	-	-	-	-	-	-
25.	363.0	K405.0	I3.5 \pm I,5	-	-	-	-
26.	382.5	K424.5	5,8	\sim 6,5			
27.	398.0	L 404.8	3,5 \pm 0.5	-	-	-	-
28.	502.0	K544,0	II \pm 3	6.2	-	-	-
29.	537.0	L 543.8	\sim 4	\sim 6.0	-	-	-
30.	562.5	-	\sim 5	\sim 6.0	-	-	-
3I.	595	(K637)?	\sim 3.5	\sim 7.0	-	-	-
32.	630	K672	6,0 \pm 2,0	5.5	-	-	-
33.	648	K690	8,5 \pm 2,0	6.3	-	-	-
34.	666.0	K708.0	122 \pm I3	6.0	665.8 \pm I.0	K707.8	I52 \pm 8
35.	695	K737	54 \pm 7	\sim 5.5	695.4 \pm I.0	K737.4	50 \pm 7
36.	730	(L 737)	8,5 \pm 2,0	\sim 5.5	73I \pm I	K773	7 \pm 2
37.	746	-	10.0 \pm 2.5	\sim 7,0	-	-	-
38.	758	-	8,5 \pm 2,0	\sim 6,0	-	-	-
39.	78I	K823	10,0 \pm 2.5	\sim 6,0	779 \pm 2	K82I	6 \pm 2
40.	-	-	-	-	780 \pm 2	K822	6
4I.	-	-	-	-	784 \pm 2	K826	6 \pm 2
42.	-	-	-	-	786 \pm 2	K828	10 \pm 3
43.	870	K912	7,0 \pm 1,5	\sim 5,0	-	-	-
44.	940	K982	5,5 \pm 1,5	\sim 6,4	941+3	K983	8 \pm 2
45.	982	KI024+L982	\sim 3,0				

ТАБЛИЦА № 2

Конверсионные линии изотопа Nd , интенсивность
которых спадает с периодом полураспада $T_{1/2} = 55$ мин

№ пп	E_{α} кэв.	Идентификация линий	Относительная интенсивность
1.	67.0	K 109.0	25000 \pm 5000
2.	102,3	L 109,1	4000 \pm 1000
3.	498,5	K 540.5	740 \pm 70
4.	511,5	K 553.5	1000
5.	534,5	K576,5+ L540.5	320 \pm 40
6.	547.0	L 553.7	215 \pm 30

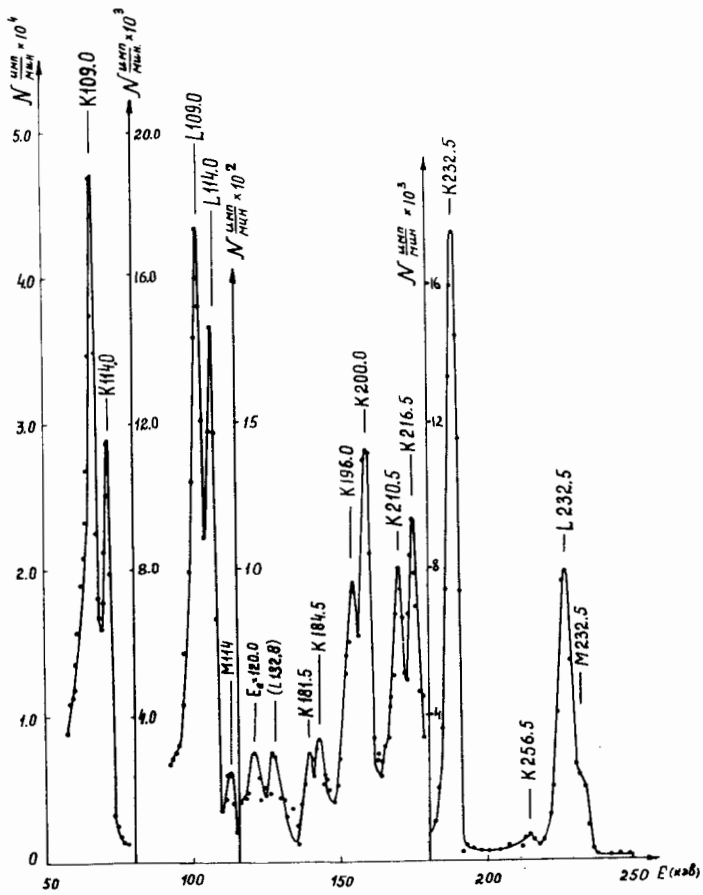


Рис. 1. Спектр конверсионных электронов неодимовой фракции в области энергий 50–250 кэв.

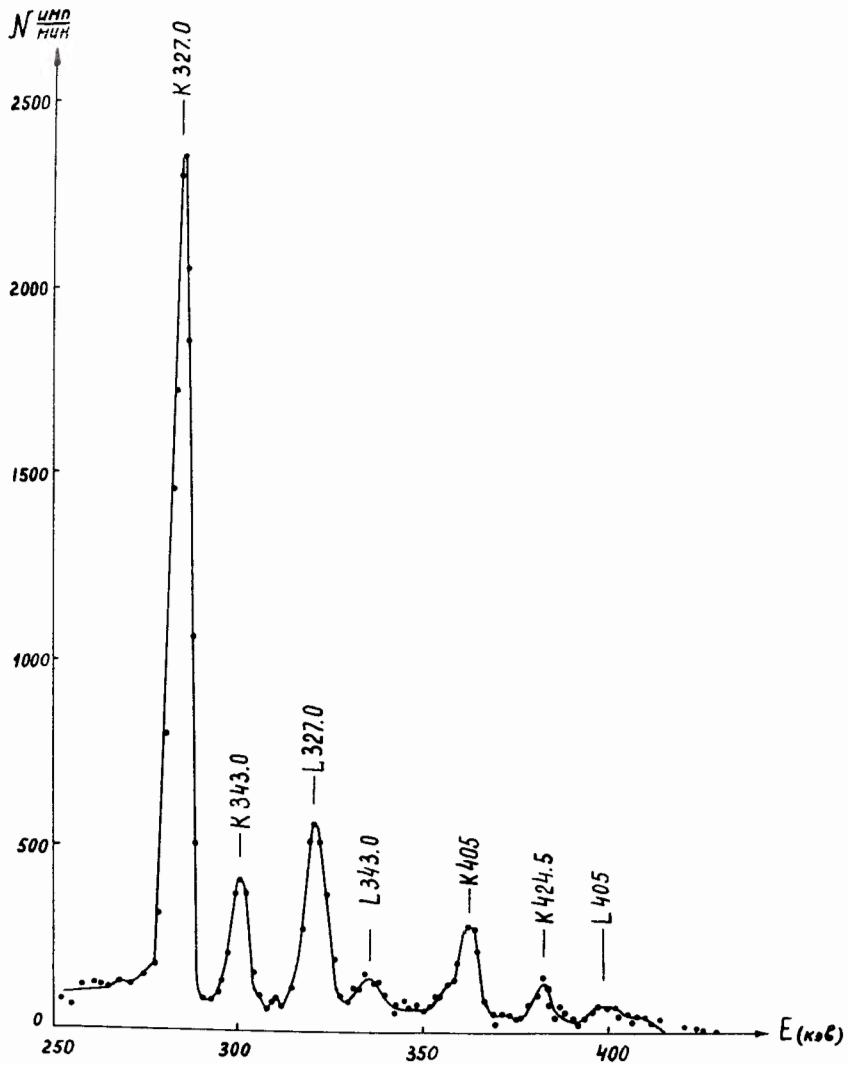


Рис. 2. Спектр конверсионных электронов неодимовой фракции в области энергий 250-430 кэВ.

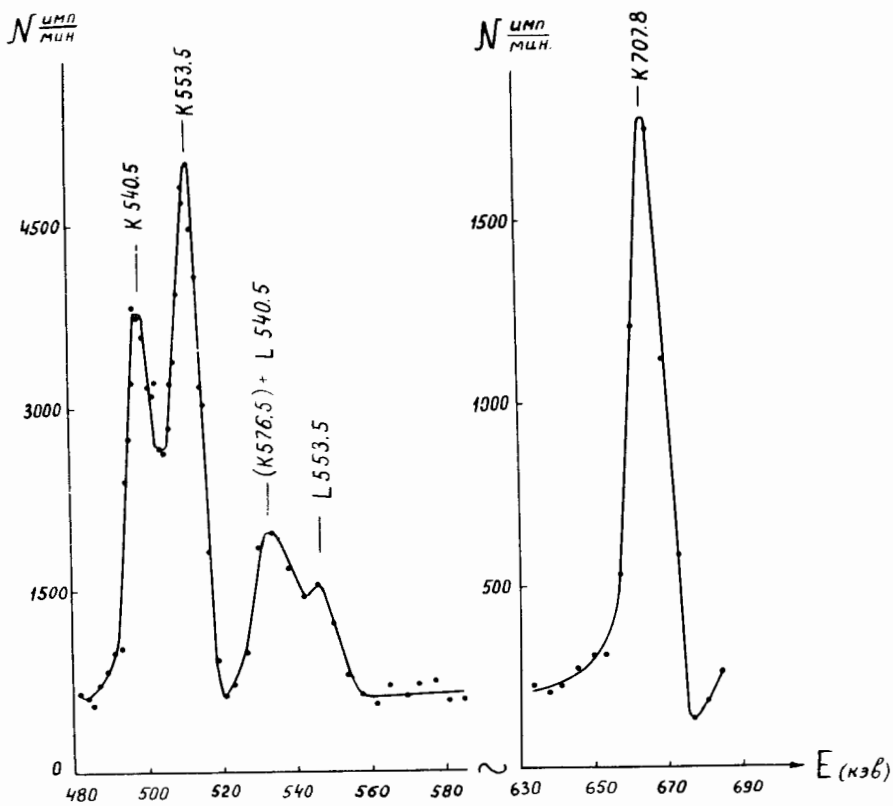


Рис. 3. Спектры конверсионных электронов неодимовой фракции в области энергий 180–580 кэв и от 630 до 690 кэв.

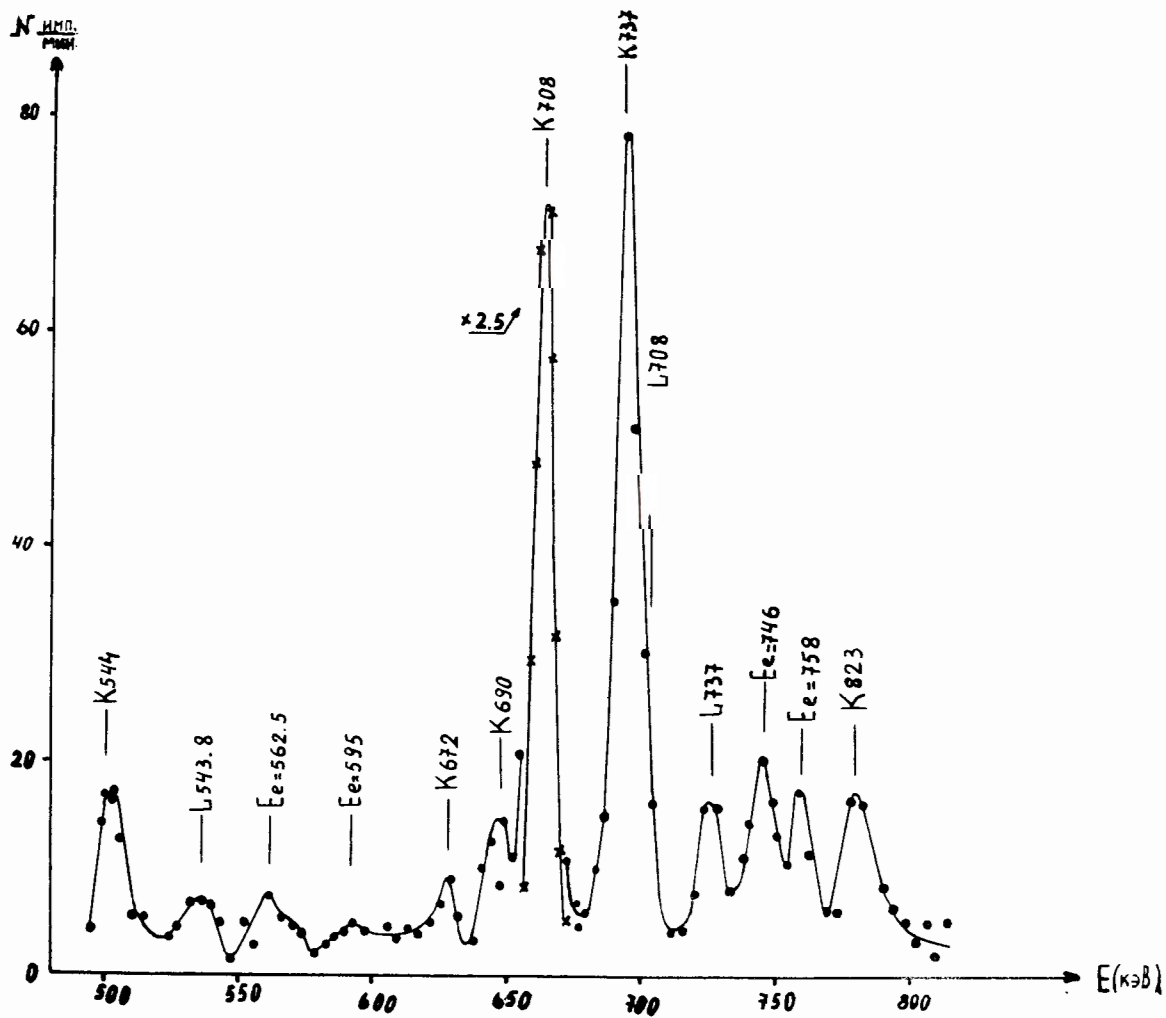


Рис. 4. Спектр конверсионных электронов неодимовой фракции в области энергий 500-800 кэв.

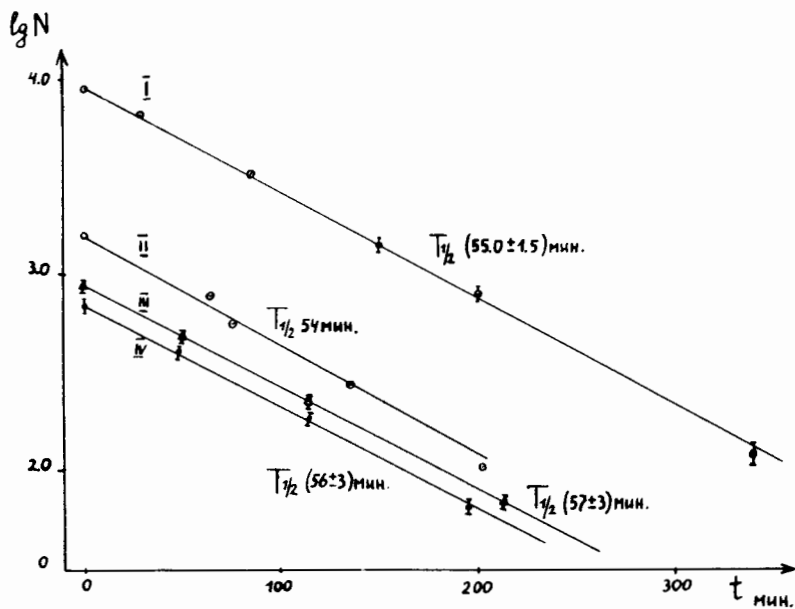


Рис. 5. Период полураспада Nd^{137} , определенный по убыванию интенсивности линий К 109 (I), К 553,5 (III), К 540,5 (IV) и позитронов (II).

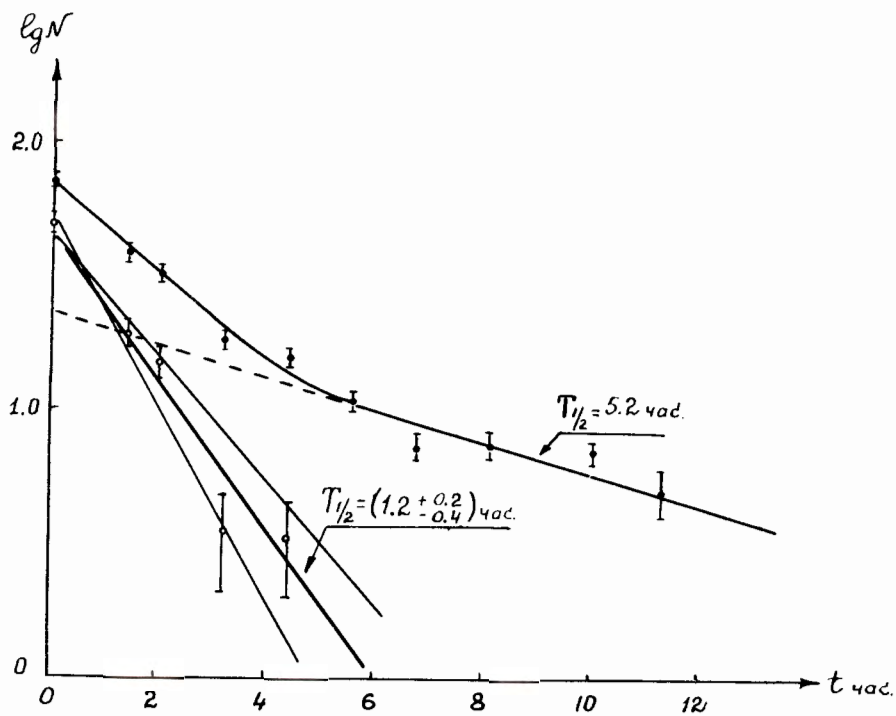


Рис. 6. а) Кривая распада позитронной активности $Nd^{138} + Pr^{137}$.

б) Период полураспада Pr^{137} , выделенного из фракции неодима, определенный по убыванию интенсивности позитронов при энергии 1200 кэВ.

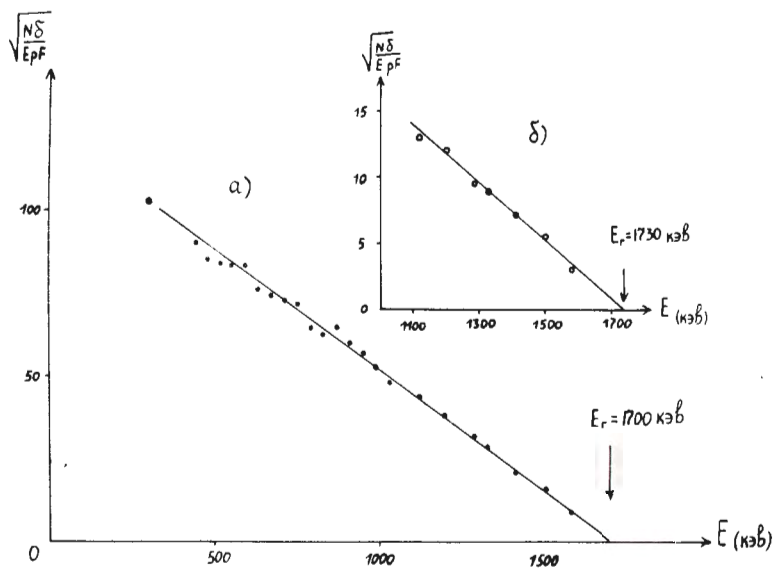


Рис. 7. а) График Кюри β^+ -спектра Pr^{137} в празеодимовой фракции.
 б) График Кюри β^+ -спектра Pr^{137} , выделенного из фракции Nd, в области энергии 1100-1700 кэВ.

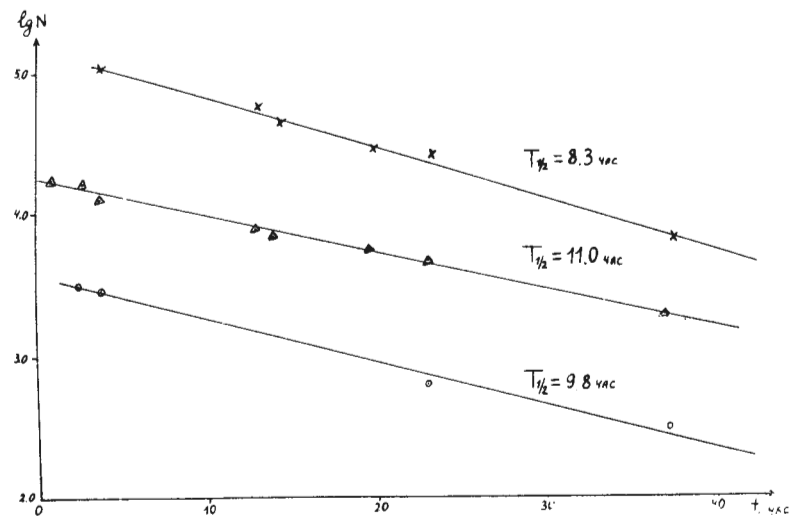


Рис. 8. Период полураспада интенсивности рентгеновских лучей препаратов Ce, выделенных из фракции неодима.

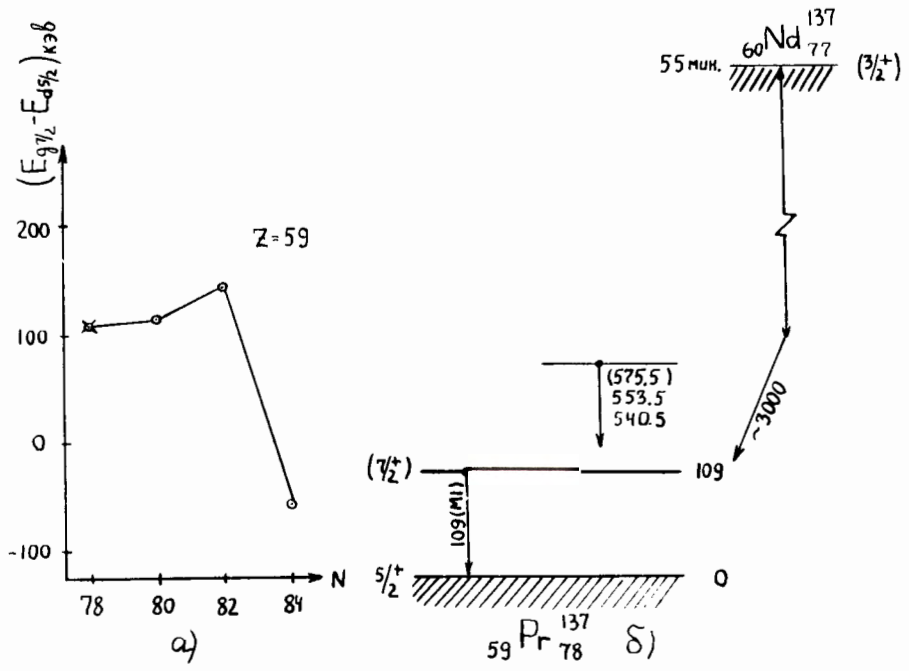


Рис. 9. а) Зависимость энергии первого возбужденного уровня в нечетных изотопах Pr от числа нейтронов. б) Схема распада ^{137}Nd .