

6804

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.



P6 - 6804

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛА

В.С. Бутцев, Ц. Вылов, К.Я. Громов,
В.Г. Калинин, И.И. Громова, В.А. Морозов,
Т.М. Муминов, Х. Фуя, А.Б. Халикулов

ИССЛЕДОВАНИЕ
РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА ^{137}Nd (38,5 мин).
ИЗОМЕРИЯ В ЯДРЕ $^{137}_{60}\text{Nd}_{77}$

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1972

В.С. Бутцев, Ц. Вылов, К.Я. Громов,
В.Г. Калинин, И.И. Громова, В.А. Морозов,
Т.М. Муминов, Х. Фуя, А.Б. Халикулов

ИССЛЕДОВАНИЕ
РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА ^{137}Nd (38,5 мин).

ИЗОМЕРИЯ В ЯДРЕ $^{137}_{60}\text{Nd}$ 77

Направлено в Известия АН СССР



I. Введение

Этим сообщением мы продолжаем публикацию результатов исследования распада нуклидов Nd , Pu и Ce с массовыми числами $A = 136-141$.

Ранее мы сообщали об открытии изотопа ^{137}Nd с периодом полураспада $T_{1/2} \sim 50$ мин.^{/1/} Позднее величина периода была уточнена: 40 ± 2 мин.^{/2/} В работе^{/3/} мы привели предварительные результаты исследования β -излучения ^{137}Nd .

Некоторые сведения о распаде ^{137}Nd ($T_{1/2} = 35$ мин) сообщили Брози и др.^{/4/}

В ядре $^{137}_{60}Nd_{77}$ предполагалось наличие изомерии, связанной $M4$ -переходу $h_{11/2} \rightarrow d_{3/2}$ ^{/5/}. Состояния $h_{11/2}$ и $d_{3/2}$ были позднее^{/6,7/} идентифицированы. Однако изомер ($T_{1/2} = 1,6$ сек) высвечивается не $M4$ -переходом, а переходом на промежуточный уровень с $\Gamma^x = 5/2^+$.

Во всех работах^{/1-7/} уровни ^{137}Nd описывались в рамках модели оболочек с учетом систематики свойств изотонов с $N = 77$. Основному состоянию приписаны характеристики $5/2^-$. Значение спина $\Gamma = 1/2$ у ^{137}Nd (37 мин) было измерено Экстремом и др.^{/8/}

В данной работе изучались: спектры гамма- и рентгеновских лучей, электронов внутренней конверсии, β^+ -спектр и спектры $f-f$ -совпадений. Измерялось также время жизни двух возбужденных состояний с энергиями 75,4 и 306,4 кэВ. Во всех изме-

рениях использованы источники ^{154}Nd , приготовленные с помощью масс-сепаратора.

Полученные результаты позволили нам впервые предложить схему распада $^{154}\text{Nd} \rightarrow ^{154}\text{Pr}$ и обсудить природу некоторых уровней ^{154}Pr .

II. Эксперимент

2.1. Приготовление источников.

Нейтрондефицитные изотопы неодима были получены в реакции глубокого расщепления при облучении мишеней из металлического Gd (гадолиния) весом до 2 г на внутреннем пучке протонов синхротрона ОИЯИ (ток 2,3 мка, $E_p = 660$ Мэв). Время облучения составляло 1-2 часа. Радиохимически из облученных мишеней выделялись продукты расщепления. Затем с помощью электромагнитного сепаратора^{/9/} выделялся изотоп ^{154}Nd .

В других опытах проводилось короткое облучение (≈ 15 мин) порошкообразного комплекса $(\text{NH}_4)_2[\text{Gd}(\text{DTPA})]$. H_2O весом 1,5 г на внешнем пучке протонов синхротрона. Интенсивность пучка составляла $\sim 5 \cdot 10^{11}$ прот/сек. Быстрое радиохимическое разделение облученной мишени производилось по методике, описанной в работе^{/10/}. Разделение неодимовой фракции на масс-сепараторе^{/11/} длилось менее пяти минут при выходе Nd более 50%. Ионы ^{154}Nd собирались на алюминиевую подложку, которая служила источником для спектрометров с полупроводниковыми Ge(Li) и Si(Li)-детекторами, а также для измерения времени жизни уровней и для измерения γ - γ -совпадений.

При исследовании спектров электронов внутренней конверсии с помощью бета-спектрографа источник готовился электролитическим осаждением неодимовой активности на платиновую проволочку диаметром 0,1 мм.

2.2. γ -лучи

Спектры γ -лучей изучались на спектрометрах с Ge(Li)-детекторами коаксиального типа с чувствительным объемом 10, 27 и 40 см³. Энергетическое разрешение спектрометров составляло, соответственно 2,2; 2,9; 2,5 на γ -линиях ^{60}Co .

Подробнее измерительная техника и методика обработки спектров описаны в работах^{/12, 13/}.

Идентификация γ -лучей производилась по периоду убывания их интенсивности. Кроме того, принимались во внимание результаты изучения спектра γ -лучей ^{154}Pr ^{/14/}.

По спаду интенсивности самых сильных гамма-линий с $E_\gamma = 75,4, 306,4, 580,5, 761,7$ и $781,5$ кэв уточнено значение периода полураспада ^{154}Nd ($38,5 \pm 1,5$ мин).

К распаду ^{154}Nd мы отнесли около 160 γ -переходов, энергии и интенсивности которых приведены в табл. I. Один из γ -спектров ^{154}Nd показан на рис. I.

2.3. Спектр рентгеновских лучей.

Специально исследован спектр рентгеновских лучей ^{154}Nd . Спектр был измерен с помощью спектрометра с Ge(Li)-детектором с чувствительным объемом 0,5 см³ и разрешением 500 эв на линии с $E_\gamma \sim 50$ кэв^{/15/}. На рис. 2 видно, что, кроме характеристического рентгеновского излучения, в Pr и Ce проявились линии серий K_α и K_β в Nd. Интенсивность этих линий спадала с периодом, меньшим 38 мин, и, по нашим оценкам, $T_{1/2} \sim 20-25$ мин.

Специально проверялась чистота препарата ^{154}Nd , сепарированного для этой задачи, и доказано отсутствие примеси.

Мы предполагаем наличие изомерного перехода в ядре ^{137}Nd с периодом полураспада 20-25 мин. Для окончательной идентификации активности с $T_{1/2} \sim 20-25$ мин проводятся дополнительные опыты, о результатах которых будет сообщено позже.

2.4. Электроны внутренней конверсии (ЭВК)

ЭВК исследовались на бета-спектрометре с однородным магнитным полем, выполненном на базе $\text{Si}(\text{Li})$ -детектора ^{/16/}. Разрешение спектрометра - 2,5-3,0 кэВ в области энергии до 700 кэВ. Спектр ЭВК, снятый на данном спектрометре, показан на рис. 3.

Спектр ЭВК ^{137}Nd в области малых энергий изучался на бета-спектрографе с однородным магнитным полем при разрешении 0,05%. На рис. 4 показан участок спектра с конверсионными линиями K75,39 и K75,59 кэВ, которые удалось разрешить только при помощи спектрографа.

Полученные сведения о ЭВК представлены в табл. 2. В этой же таблице указаны коэффициенты внутренней конверсии и выводы о мультипольности некоторых переходов. Нормирование интенсивностей I_K и I_L при вычислении КВК выполнено по $\alpha_K(M1)$ перехода ^{160}D , 0 кэВ ^{/14/}.

2.5. Определение граничной энергии позитронного излучения

Энергетическое распределение позитронов ^{137}Nd было изучено на магнитном бета-спектрометре с $\text{Si}(\text{Li})$ -детектором. График Ферми-Кюри β^+ -спектра приведен на рис. 5. Кроме интенсивной компоненты с $E_{\text{г.р.}} = 1700$ кэВ β^+ -излучения ¹³⁷Pg обнаружена компонента 2400 кэВ, которая по периоду полураспада отнесена к ^{137}Nd .

2.6. Гамма-гамма-совпадения

Совпадения γ -лучей изучались при помощи двухмерного спектрометра γ - γ -совпадений на базе ЭВМ "Минск-2" с разрешающим временем $\tau = 140$ нсек ^{/17/}.

Измерения проводились с сепарированным источником ^{137}Nd , размещенным между двумя $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами, с чувствительными объемами 20 и 25 см³. На рис. 6 показан интегральный спектр γ - γ -совпадений распада ^{137}Nd . Участки спектров γ - γ -совпадений при выборе энергетических окон № I, 3, 4, 6, 8, 10, II приведены на рис. 7. Обнаруженные каскады совпадений на схеме отмечены светлыми кружочками.

2.7. Измерение времени жизни уровней 75,4 и 306,4 кэВ

Измерения проводились на многоканальном временном анализаторе с преобразователем "время-амплитуда" в режиме e - γ -задержанных совпадений ^{/17/}.

Соответствующие времена жизни определялись в совпадениях конверсионных электронов ($L_{754} \cdot L_{756}$) и ($K_{754} \cdot K_{756}$) с γ -лучами с энергией выше 200 кэВ. Временные спектры представлены на рис. 8. Обработка экспериментальных кривых проведена по методу наименьших квадратов.

Кривая задержанных совпадений ($L_{754} \cdot L_{756}$) (γ) состоит из двух экспоненциальных частей с периодами полураспада $T_{1/2} = 0,38 \pm 0,03$ нсек и $0,5 \pm 0,2$ нсек. Анализ схемы распада показывает, что правый склон кривой соответствует положению: (γ) - "старт", L_{754} - "стоп" и определяет время жизни уровня 75,4 кэВ, а левый склон - L_{756} - "старт", $E_{\gamma} = 306$ и 230 кэВ - "стоп" и определяет время жизни уровня 306,4 кэВ.

Временное разрешение и статистика при измерении совпадений ($K75,4+K75,6$) (f) были хуже, чем в случае совпадений ($L75,4+L75,6$) (f) из-за меньшей энергии конверсионных электронов. Тем не менее, полученное из этих совпадений время жизни $T_{1/2} < 0,4$ нсек не противоречит вышеприведенным результатам.

III. Схема распада $^{157}\text{Nd} \longrightarrow ^{157}\text{Pr}$

3.1. Построение схемы распада

Большинство обнаруженных f -переходов размещено в предлагаемую схему распада $^{157}\text{Nd} \longrightarrow ^{157}\text{Pr}$ (рис. 9). Уровни введены с учетом баланса энергий и интенсивностей переходов. Их существование подтверждается f - f -совпадениями.

Среди нижних возбужденных состояний непосредственно из распада ^{157}Nd наиболее заметно заселяется уровень 381,8 кэВ. Поэтому компоненту позитронов с $E_{\text{гр}} = 2400 \pm 40$ кэВ следует направить на этот уровень. Тогда энергия распада $^{157}\text{Nd} (Q_{\beta})$ составит 3804 ± 40 кэВ.

Для каждого уровня на схеме приведены вероятности его заселения ($\epsilon + \beta^+$) -распадом и соответствующие величины $\log ft$. Интенсивности f -переходов даны на схеме в процентах на распад.

Некоторые трудности возникли при размещении переходов 75,39 и 75,59 кэВ. Введение уровня 75,4 кэВ сомнений не вызывает, к тому же он подтверждается f - f -совпадениями. Переход 75,59 кэВ девозбуждает уровень 381,8 кэВ. Из соотношения интенсивностей K линий переходов 75,39 и 75,59 кэВ (табл. 2) мы определяли полные интенсивности переходов, считая первый переходом типа $M1$ и предполагая у второго мультипольность $E2$.

Баланс энергий допускает для перехода 306,4 кэВ два варианта размещения в схеме. Однако для выполнения баланса интенсивностей необходимо переход 306,4 кэВ направить с уровня 306,4 кэВ. Все 37 уровней ^{157}Pr введены нами впервые.

3.2. Обсуждение результатов.

Спектр возбужденных состояний ^{157}Pr богат, однако имеющиеся данные позволяют обсудить природу далеко не всех уровней.

Два нижних состояния ^{157}Pr , как и в некоторых других ядрах празеодима (табл. 3), являются одночастичными типа $d_{5/2}$ и $g_{7/2}$. Значения фактора запрета перехода 75,39 кэВ $F_3(M1)_{\text{норм}}$ и квадрата матричного элемента $m^2(M1) = 2,1$ не укладываются в систематику известных l -запрещенных переходов $g_{7/2} \rightleftharpoons d_{5/2}$. По характеру заторможенности этот $M1$ -переход соответствует l -запрещенному переходу в нейтронной оболочке $n(d_{5/2} \rightleftharpoons s_{1/2})$.

Ранее ^{/14/} мы обращали внимание на то, что $M1$ -переход 160,3 кэВ в ядре ^{157}Ce типа $n(s_{1/2} \rightleftharpoons d_{5/2})$ имеет фактор запрета $F_3(M1)_{\text{норм}} = 267$ и квадрат матричного элемента $m^2(M1) = 0,07$, которые более соответствуют l -запрещенным переходам в протонной оболочке типа $p(g_{7/2} \rightleftharpoons d_{5/2})$.

Для объяснения указанных особенностей переходов 75,39 и 160,3 кэВ, на первый взгляд, можно было бы предположить, что они имеют место в ядрах $^{157}_{60}\text{Nd}$ и $^{157}_{50}\text{Pr}$ соответственно. Тогда эта гипотеза предполагает, что ^{157}Nd имеет изомер с $T_{1/2} = 38,5$ мин и основное состояние с $T_{1/2} = 75$ мин. Однако, из разностей энергий (K и L) конверсионных линий и ($E_{\gamma} - E_{\kappa}$) следует, что переход 75,39 кэВ происходит в ядре $\text{Pr} (Z=58)$, а переход 160,32 кэВ - в ядре $\text{Ce} (Z=58)$.

Наблюдаемое нами время жизни уровня $75,4$ кэв ($T_{1/2} = 0,38 \pm 0,03$) нсек можно объяснить, если считать, что E2-компонента перехода $75,39$ кэв ускорена в 30-50 раз, а ее примесь составляет (10-20)%. Тогда можно сделать заключение, что примесь E2-компоненты в переходах типа $g_{7/2} \equiv d_{3/2}$ возрастает по мере удаления от $N = 82$.

Уровень $306,4$ кэв с $I^\pi = 5/2^+$ возбуждается двумя E2-переходами $230,48$ и $306,44$ кэв, факторы ускорения которых $7,1$ и 25 соответственно. Мы считаем, что уровень $306,4$ кэв - коллективной природы, и интерпретируем его как член мультиплета ($2^+ + d_{3/2}$). Тогда становятся понятными факторы ускорения указанных переходов.

Среди уровней с квантовыми числами $1/2^+$ и $3/2^+$ с энергией возбуждения до 1 Мэв (например, $313,4$, $381,8$, $761,5$ и т.д.) могут быть коллективные состояния, обязанные связи вибраций четно-четного остова с одночастичным движением неспаренного нуклона. Тогда также становится понятным торможение соответствующих переходов.

Систематика свойств первых возбужденных состояний в изотопах $N = 77$ (рис. 10) открывает интересную возможность интерпретации коллективных состояний отмеченного типа (вибрация + β, ρ). Прежде всего обращает на себя внимание сходное изменение энергии состояний $1/2^+ (s_{1/2})$ и $3/2^+$ в зависимости от числа протонов. Кроме того, если в ядрах ^{129}Te , ^{131}Xe , ^{133}Ba изомеры $h_{11/2}$ разряжаются на состояния $d_{3/2}$ одночастичными M4-переходами ($W_M \sim 1/3 W_{\beta, \rho}$), а в ядрах ^{135}Ce , ^{137}Nd и ^{139}Pr изомеры $h_{11/2}$ высвечиваются сильно заторможенными E3-переходами (в 100-200 раз) на уровень $5/2^+$.

Весьма вероятно, что состояния $5/2^+$ являются коллективными состояниями типа ($2^+ + s_{1/2}$). Тем более, ранее [19] мы уже обращали внимание на существование в соседних ядрах возбужденный типа ($3^- + \beta, \rho$)

Таким образом, имеется ряд экспериментальных фактов, которые подтверждают наличие в ядрах с $Z \approx 130-140$, наряду с одночастичными уровнями, уровней коллективной природы, обязанных наложению вибраций на одночастичное движение.

Авторы искренне благодарят Н.А.Лебедева, Г.Байера, Э.Херрманна, Х.Тирроффа за приготовление и сепарирование высококачественных источников неодима. Авторы также благодарны А.А.Александрову, В.М.Мосяжу, В.И.Стегайлову за помощь при проведении экспериментов и обработке информации. М.Неновой, Я.Полаховой, В.Боновой авторы благодарны за помощь в оформлении данной работы.

Литература

1. K.Gromov, V.Kalinnikov, V.Kuznetsov et al. Nucl. Phys., 73, 65 (1965).
2. Zh.Zhelev, V.G.Kalinnikov, N.A.Lebedev et al. International Symposium on Nuclear Structure, Dubna, D-3893 (1968).
3. Р.Бабаджанов, В.С.Бутцев, И.И.Громова и др. "Программа и тезисы докладов XXI ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра", "Наука", Л., 1971, стр. 80.
4. A.R.Brosi et al., ORNL 4164 (1968).
5. Ж.Т.Желев, В.Г.Калинников, Я.Липтак, Л.К.Пекер. ОИЯИ, Р6-3468, Дубна, 1967.
6. Ch.Droste, W.Neubert et al., Nucl.Phys., A152, 579 (1970).
7. J. Van Klinken, S.Goring, D.Habs et al., Z. Physik, 246, 369 (1971).
8. С.Ekstrom, S.Ingelman et al., private communication.
9. В.П.Афанасьев, А.Т.Василенко и др. ОИЯИ, I3-4763, Дубна, 1969.
10. G.J.Beyer, H.Grosse-Ruyken et al., J. Inorg. Nucl. Chem., 31, 2135 (1969).
11. G.J.Beyer, E.Herrmann et al., Nucl. Instr. and Meth., 96, 437 (1971).
12. В.С.Бутцев, К.Я.Громов, В.Г.Калинников. ОИЯИ, Р6-6519, Дубна, 1972.
13. Р.Арльт, Г.Винтер, С.В.Медведь и др. ОИЯИ, Р6-6227, Дубна, 1972.
14. В.С.Бутцев, К.Я.Громов, В.Г.Калинников и др. ОИЯИ, Р6-6651, Дубна, 1972.
15. Ц.Вылов, И.Н.Егошин, С.Орманджиев и др. ОИЯИ, I3-6440, Дубна, 1972.
16. Б.Амов, Ц.Вылов, Ж.Желев и др. "Программа и тезисы докладов XII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра." Изд-во "Наука, 1972.
17. В.С.Александров, Ф.Дуда, С.И.Елизаров и др. ОИЯИ, I3-4274, Дубна, 1969; Изв. АН СССР, сер.физ., 34, 69 (1970).
18. В.А.Морозов, Т.М.Муминов. ПТЭ, 2, 53 (1970).
19. В.С.Бутцев, Ц.Вылов, В.Г.Калинников, Н.А.Тихонов, Э.Херрманн. ОИЯИ, Р6-5673, 1972. Изв. АН СССР, сер.физ. 35, I618 (1972).

Рукопись поступила в издательский отдел
15 ноября 1972 года.

Таблица I (продолжение)

65.	799, 77±0, 30	0, 6±0, 2	I02.	1268, 02±0, 43	0, 7±0, 2
66.	811, 39±0, 35	0, 7±0, 2	I03.	1294, 48±0, 30	2, 5±0, 5
67.	814, 48±0, 45	1, 3±0, 4	I04.	1309, 37±0, 38	3, 5±0, 6
68.	847, 69±0, 39	0, 6±0, 2	I05.	(1320, 12±0, 42)	0, 7±0, 2
69.	849, 49±0, 42	0, 4±0, 2	I06.	(1340, 44±0, 36)	0, 6±0, 2
70.	857, 23±0, 37	1, 2±0, 4	I07.	I351, 22±0, 37	0, 8±0, 3
71.	860, 17±0, 30	1, 6±0, 5	I08.	I359, 87±0, 20	6, 0±1, 0
72.	862, 29±0, 25	3, 3±0, 6	I09.	I365, 13±0, 33	2, 0±0, 7
73.	879, 75±0, 32	0, 8±0, 2	I10.	I372, 24±0, 45	0, 7±0, 2
74.	884, 12±0, 28	2, 8±0, 4	I11.	I388, 44±0, 42	2, 2±0, 8
75.	925, 90±0, 10	6I±4	I12.	I401, 31±0, 40	2, 4±0, 6
76.	929, 19±0, 15	27±2	I13.	I409, 66±0, 38	0, 9±0, 3
77.	940, 07±0, 29	0, 7±0, 2	I14.	I428, 30±0, 36	1, 0±0, 4
78.	942, 89±0, 32	0, 8I±0, 22	I15.	(I434, 04±0, 42)	1, 3±0, 4
79.	959, 85±0, 30	1, 4±0, 5	I16.	I443, 96±0, 42	0, 85±0, 25
80.	967, 23±0, 36	0, 6±0, 2	I17.	I464, 40±0, 30	6, 4±0, 9
81.	971, 12±0, 35	0, 7±0, 2	I18.	(I472, 28±0, 36)	0, 7±0, 2
82.	I001, 89±0, 30	1, 3±0, 5	I19.	I484, 60±0, 20	4, 8±0, 7
83.	I029, 58±0, 32	1, 2±0, 4	I20.	I493, 44±0, 36	0, 9±0, 4
84.	I044, 24±0, 25	8, 7±0, 8	I21.	I542, 5 ±0, 39	0, 7±0, 2
85.	I048, 22±0, 29	0, 7±0, 3	I22.	I546, 53±0, 32	3, 2±0, 6
86.	I102, 66±0, 25	3, 2±0, 5	I23.	I551, 67±0, 48	0, 5±0, 2
87.	I116, 71±0, 32	0, 7±0, 2	I24.	(I574, 50±0, 42)	0, 8±0, 3
88.	I119, 56±0, 15	5, 19±0, 92	I25.	I586, 51±0, 39	1, 6±0, 4
89.	I166, 78±0, 48	1, 0±0, 3	I26.	I594, 75±0, 20	3, 7±0, 6
90.	I176, 14±0, 36	1, 0±0, 3	I27.	I607, 76±0, 32	1, 3±0, 4
91.	I178, 32±0, 42	2, 8±0, 6	I28.	I626, 63±0, 20	8, 7±1, 3
92.	I182, 05±0, 46	0, 8±0, 2	I29.	I646, 50±0, 70	1, 3±0, 5
93.	I191, 09±0, 47	0, 6±0, 2	I30.	I663, 66±0, 36	0, 7±0, 2
94.	I204, 31±0, 29	0, 7±0, 2	I31.	(I700, 61±0, 40)	0, 8±0, 2
95.	I213, 08±0, 35	1, 0±0, 3	I32.	I731, 55±0, 30	2, 6±0, 7
96.	I217, 99±0, 42	2, 0±0, 4	I33.	I745, 14±0, 38	0, 8±0, 3
97.	I234, 76±0, 20	5, 3±1, 0	I34.	I764, 92±0, 40	2, 3±0, 4
98.	I243, 15±0, 17	11, 3±1, 0	I35.	I769, 69±0, 42	2, 5±0, 8
99.	(I253, 48±0, 32)	0, 5±0, 2	I36.	I779, 51±0, 39	0, 9±0, 3
I00.	(I256, 53±0, 32)	1, 4±0, 5	I37.	I812, 38±0, 20	7, 7±1, 0
I01.	I262, 95±0, 42	0, 6±0, 2	I38.	I845, 57±0, 24	0, 6±0, 2

Таблица I-(продолжение)

I39.	1865,54±0,22	2,9±0,5	I48.	2051,80±0,15	7,9±1,2
I40.	1893,82±0,31	2,5±0,8	I49.	2091,19±0,50	0,5±0,2
I41.	1901,33±0,22	6,9±1,0	I50.	2095,98±0,50	0,8±0,3
I42.	1934,19±0,36	0,7±0,2	I51.	2127,52±0,46	0,8±0,3
I43.	1964,53±0,46	0,80±0,20	I52.	2205,12±0,50	0,4±0,2
I44.	1969,52±0,33	3,4±0,9	I53.	2230,78±0,42	0,9±0,4
I45.	1977,59±0,45	0,4±0,2	I54.	2290,16±0,32	1,7±0,5
I46.	1999,66±0,46	0,6±0,2	I55.	2335,15±0,40	0,6±0,2
I47.	2009,19±0,50	1,2±0,4	I56.	2544,55±0,46	0,6±0,2

Таблица 2
Сведения об электронах конверсии

137 Nd.

E_{γ}	J_{γ}	J_K	α_K , экспер.	α_K , теор			Вывод о мультитипольности
				E1	E2	M1	
75,39 75,59	} 110 \pm 10	$\frac{J_K 75,39}{J_K 75,59} = 3$	0,285 \pm 0,055	0,45	2,55	2,50	MI
		$J_L = 4730 + 480$ $J_{M, \pi} = 1220 + 125$		0,066	2,51	0,34	
198,54	6,9 \pm 0,6	130 \pm 25	(1,25 \pm 0,35)(-1)	3,3(-2)	1,46(-1)	1,60(-1)	MI, E2
230,48	14,3 \pm 1,3	150 \pm 30	(7,0 \pm 2,2)(-2)	2,2(-2)	9,2(-2)	1,10(-1)	E2
237,96	35 \pm 3	330 \pm 60	(6,25 \pm 1,9)(-2)	2,0(-2)	8,1(-2)	1,00(-1)	E2
251,96	0,9 \pm 0,2	15 \pm 5	(1,1 \pm 0,5)(-1)	1,8(-2)	7,0(-2)	8,3(-2)	MI, E2
266,82	9,2 \pm 0,9	134 \pm 14	(9,6 \pm 2,0)(-2)	1,5(-2)	5,9(-2)	7,4(-2)	E2
276,30	7,1 \pm 0,8	47 \pm 7	(4,4 \pm 1,1)(-2)	1,37(-2)	5,25(-2)	6,6(-2)	E2
288,54	1,52 \pm 0,15	18 \pm 4	(7,9 \pm 2,5)(-2)	1,23(-2)	4,6(-2)	6,0(-2)	MI
306,44	97 \pm 5	520 \pm 55	(3,55 \pm 0,35)(-2)	1,05(-2)	3,85(-2)	5,1(-2)	E2
313,43	6,3 \pm 0,9	30 \pm 5	(3,16 \pm 0,90)(-2)	1,0(-2)	3,6(-2)	4,8(-2)	E2
348,96	4,0 \pm 0,7	16 \pm 3	(2,65 \pm 0,90)(-2)	7,7(-3)	2,58(-2)	3,65(-2)	E2, MI
360,98	1,5 \pm 0,3	5,2 \pm 1,7	(2,27 \pm 1,10)(-2)	7,1(-3)	2,35(-2)	3,38(-2)	E2, MI
381,84	7,4 \pm 0,8	20 \pm 4	(1,8 \pm 0,6)(-2)	6,1(-3)	1,95(-2)	2,90(-2)	E2
474,54	14 \pm 1	17 \pm 3	(8,2 \pm 2,1)(-3)	3,6(-3)	1,06(-2)	1,65(-2)	E2
505,40	70 \pm 5	95 \pm 9	9,0(-3)	3,05(-3)	9,0(-3)	1,38(-2)	\equiv E2
525,12	3,7 \pm 0,4	6,8 \pm 2,2	(1,24 \pm 0,48)(\approx 2)	2,85(-3)	8,4(-3)	1,28(-2)	MI, E2
530,90	6,5 \pm 0,6	8,6 \pm 2,8	(6,63 \pm 2,70)(-3)	2,80(-3)	8,1(-3)	1,23(-2)	E2
546,85	3,3 \pm 0,5	\approx 5	\sim 0,010	2,55(-3)	7,4(-3)	1,13(-2)	MI, E2
580,52	\equiv 100	\equiv 100	6,45(-3)	2,27(-3)	6,45(-3)	1,0(-2)	E2
685,96	15 \pm 1	12,6 \pm 2,5	(5,6 \pm 1,5)(-3)	1,60(-3)	4,3(-3)	6,62(-3)	MI, E2
761,66	64 \pm 4	44 \pm 6	(4,6 \pm 1,0)(-3)	1,28(-3)	3,3(-3)	5,2(-3)	MI
781,54	74 \pm 4	39 \pm 6	(3,5 \pm 0,7)(-3)	1,22(-3)	3,1(-3)	4,88(-3)	E2
925,90	61 \pm 4	19 \pm 4	(2,1 \pm 0,6)(-3)	8,9(-4)	2,16(-3)	3,28(-3)	E2
929,19	27 \pm 2	10,5 \pm 3,0	(2,6 \pm 0,9)(-3)	8,9(-4)	2,13(-3)	3,22(-3)	E2, MI
1001,89	1,3 \pm 0,5	2,6 \pm 0,5	(1,3 \pm 0,6)(-3)	7,7(-4)	1,8(-3)	2,7(-3)	E2, E1
1044,24	8,7 \pm 0,8	1,8 \pm 0,6	(1,4 \pm 0,6)(-3)	7,1(-4)	1,65(-3)	2,45(-3)	E2, E1

Таблица 3

Данные о вероятностях перехода $7/2^+ \rightarrow 5/2^+$ в ядрах празеодима с нечетным массовым числом А

Ядро	$h\nu$ (кэВ)	$I_i^\alpha \rightarrow I_f^\alpha$	$T_{1/2}$ (нсек)	σ^2 (Е2)	$F_j = \frac{\mathcal{B}(M1)_{\text{теор}}}{\mathcal{B}(M1)_{\text{эксп}}}$	$F_j = \frac{\mathcal{B}(E2)}{\mathcal{B}(E2)_{\text{эксп}}}$
$^{143}_{59}\text{Pr}_{84}$	57,37	$5/2^+ \rightarrow 7/2^+$	$4,17 \pm 0,09$	$0,15 \pm 0,03$	428 ± 9	$5,2 \pm 1,1$
$^{141}_{59}\text{Pr}_{82}$	145,45	$7/2^+ \rightarrow 5/2^+$	$1,85 \pm 0,03$	$0,42 \pm 0,08$	445 ± 7	$2,4 \pm 0,6$
$^{139}_{59}\text{Pr}_{80}$	113,80	$7/2^+ \rightarrow 5/2^+$	$2,60 \pm 0,08$	$2,65 \pm 0,33$	389 ± 31	$20,6 \pm 1,6$
$^{137}_{59}\text{Pr}_{78}$	75,39	$7/2^+ \rightarrow 5/2^+$	$0,38 \pm 0,03$	-	35 ± 4	-

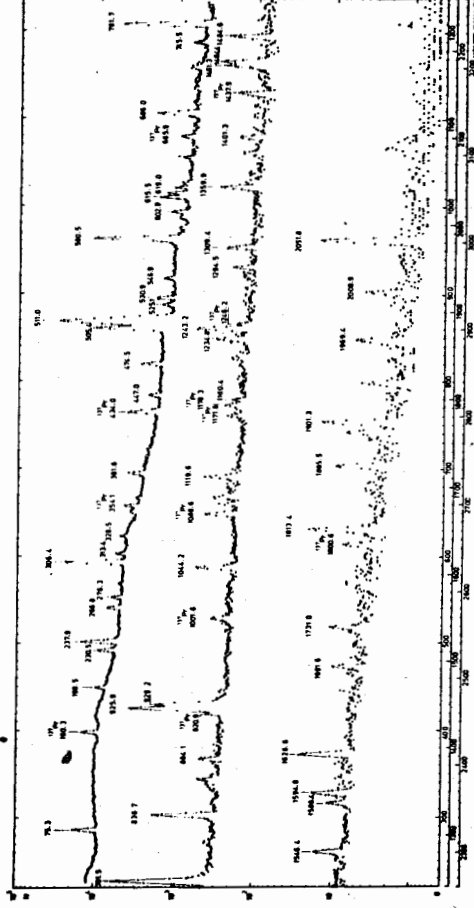


Рис. 1. Спектр гамма-лучей ^{137}Nd , измеренный Ge(Li)-детектором с чувствительным объемом 40 см³.

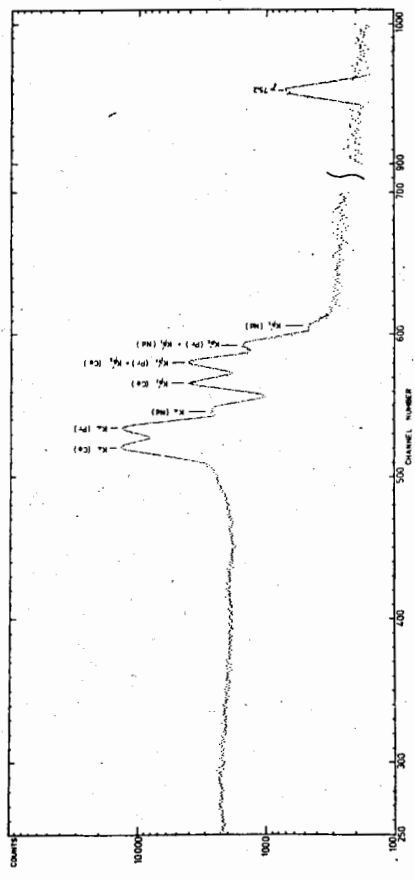


Рис. 2. Спектр рентгеновских лучей ^{137}Mn .

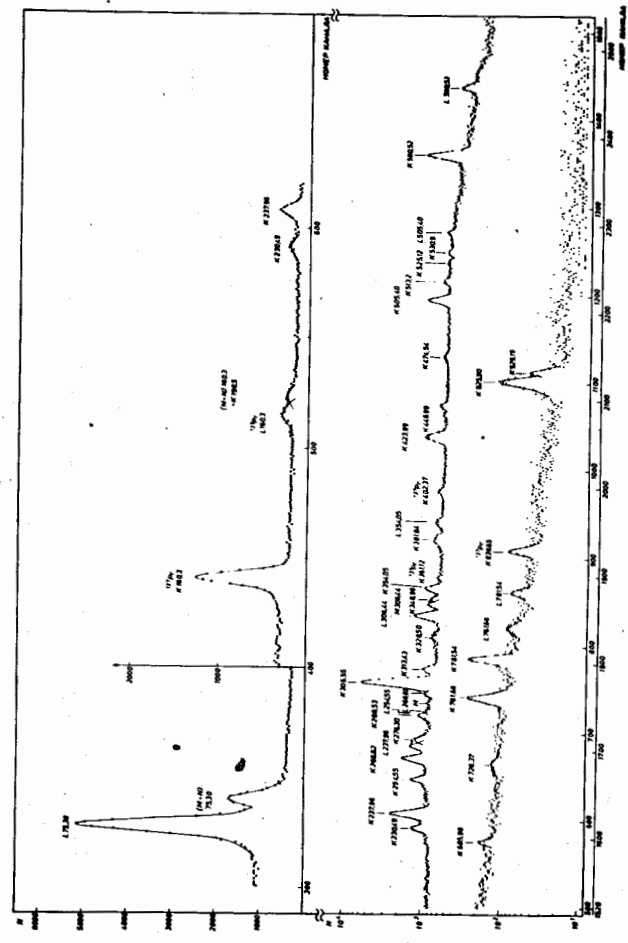


Рис. 3. Участок спектра конверсионных электронов ^{137}Mn , измеренный с помощью бета-спектрометра с $\text{Si}(\text{Li})$ -детектором.

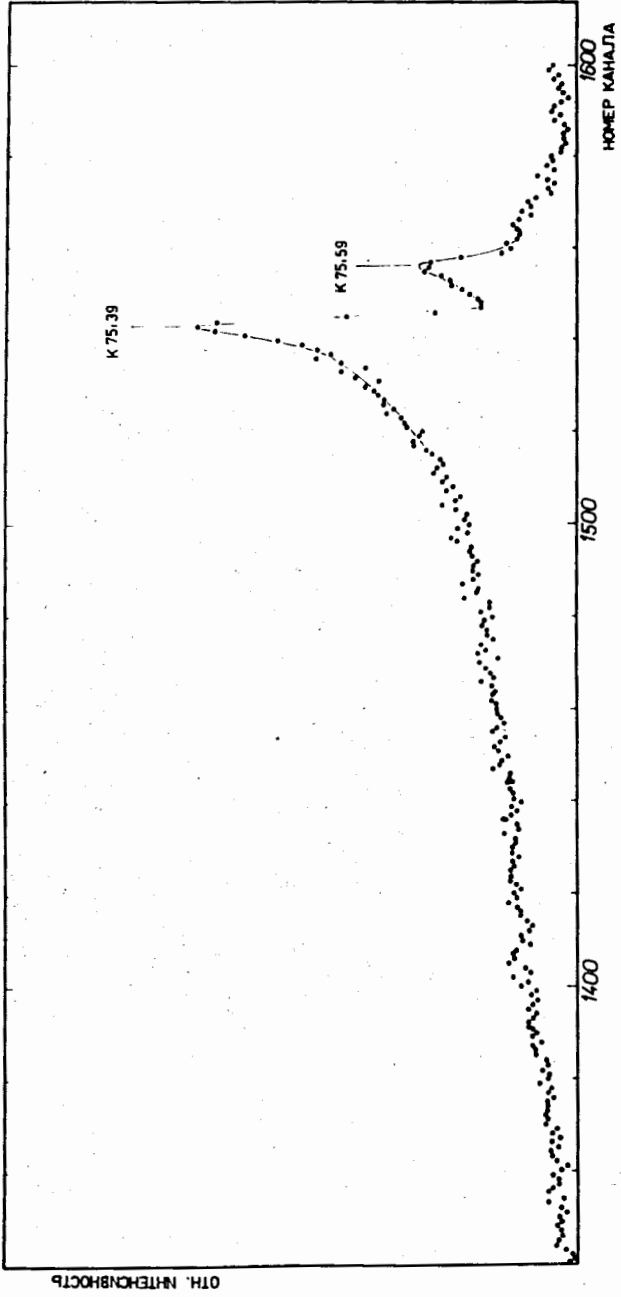


Рис. 4. Участок спектра с K - линиями переходов 75,39 и 75,59 кэВ, разреженных с помощью бета-спектрографа.

ОТН. ИНТЕНСИВНОСТЬ

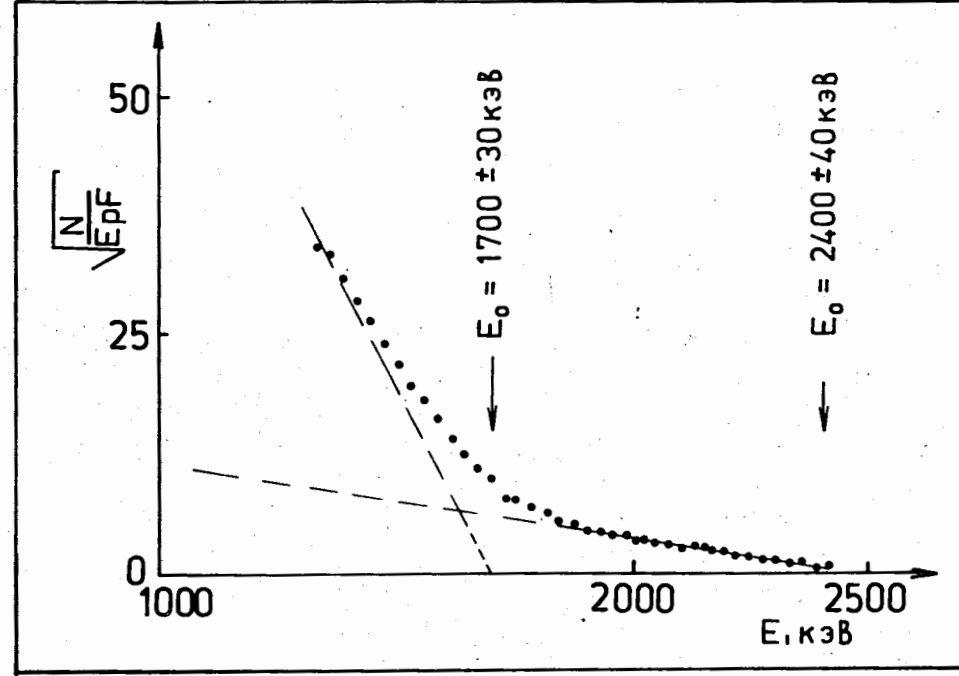


Рис. 5. График Ферми - Кюри позитронного спектра ^{137}Nd .

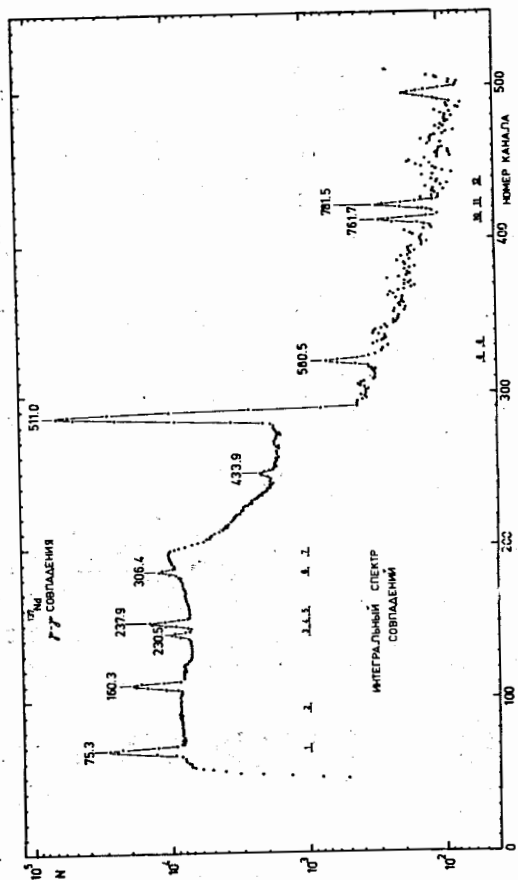


Рис. 6. Интегральный спектр $\int - \int$ - совпадений. Цифрами I - 12 указаны положения окон, с которыми были измерены спектры совпадений.

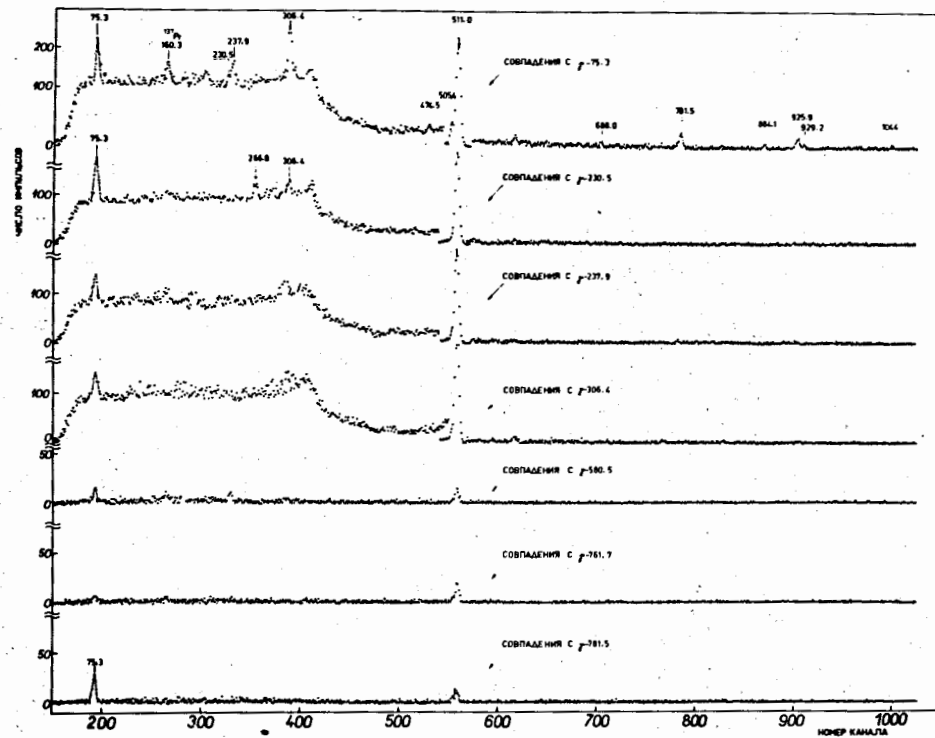


Рис. 7. Участки спектров $\int - \int$ - совпадений при выборе энергетических окон I, 3, 4, 6, 8, 10, II.

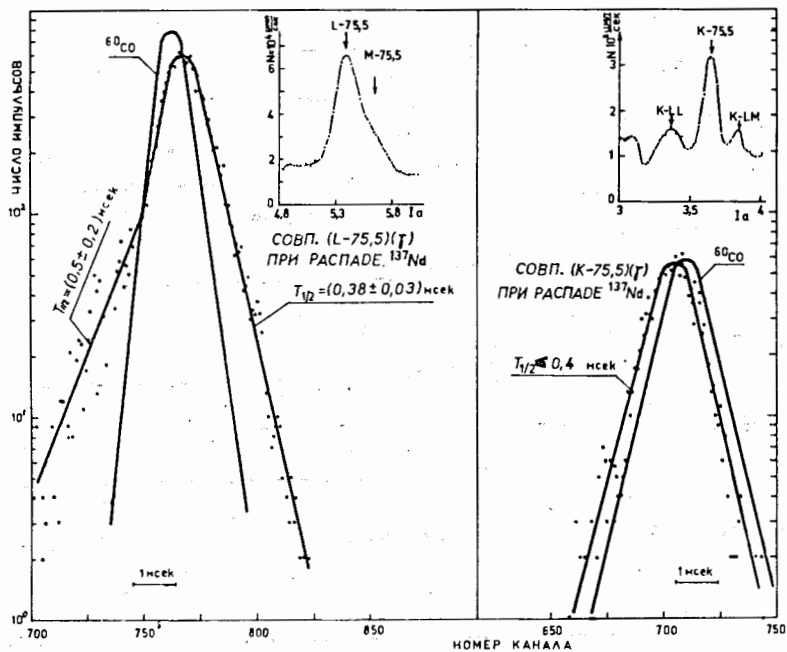


Рис. 8. Кривые задержанных совпадений (К и L 75 кэв) с $E_\gamma > 200$ кэв. Отдельно показан участок спектра конверсионных электронов с К, L и М - линиями 75 кэв.

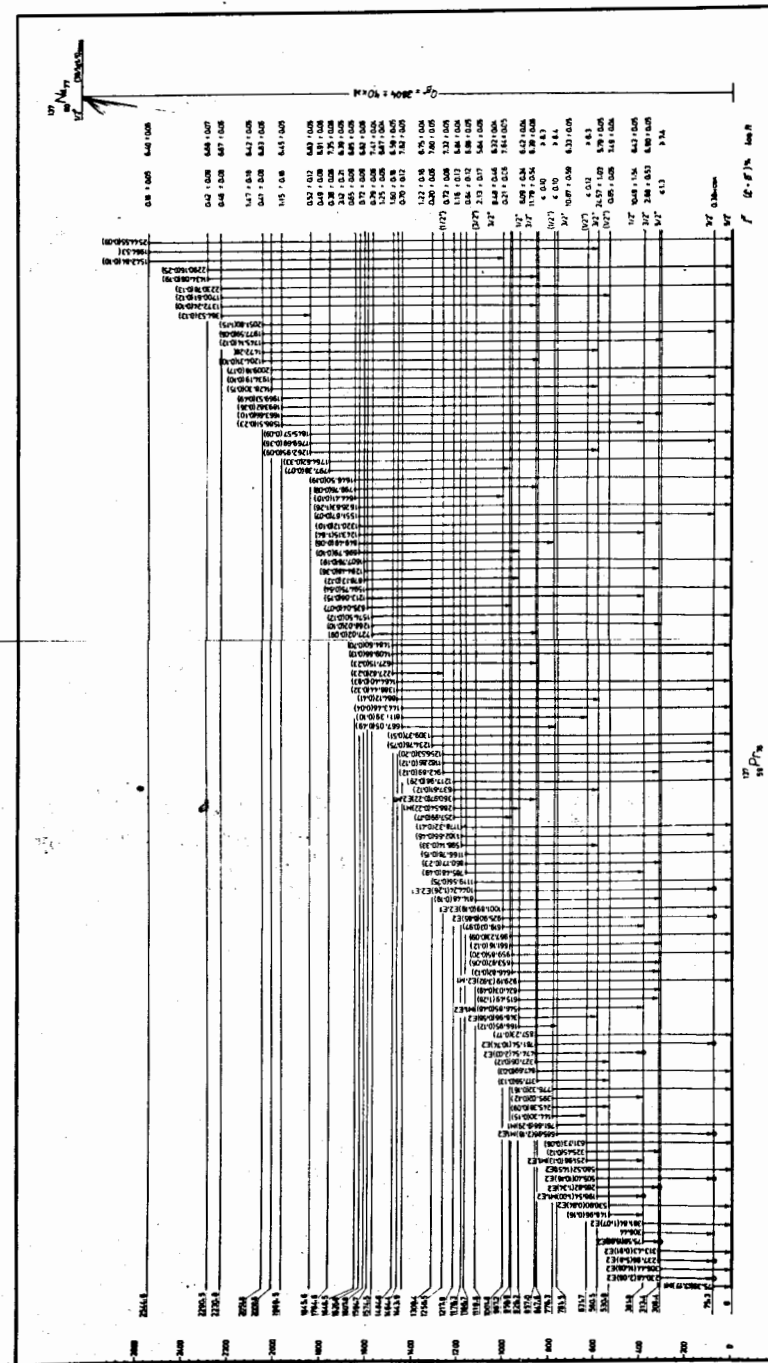


Рис. 9. Схема распада ^{137}Nd \rightarrow ^{137}Pr .

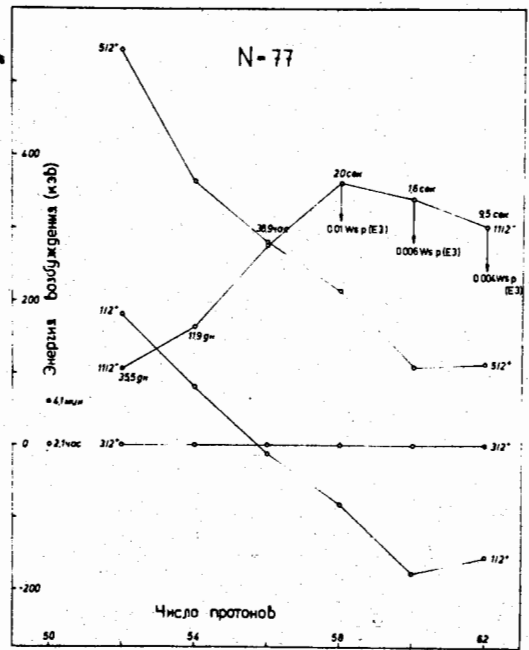


Рис. 10. Систематика свойств первых возбужденных состояний в изотопах с $N = 77$.