

С 341.1г + С 341.2г

18. X 1967

Ж-51

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

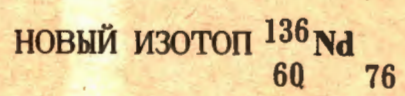
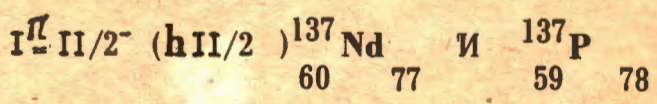
Р6 - 3468



Ж.Т. Желев, В.Г. Калинин, Я. Липтак, Л.К. Пекер

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ
ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

ОБ ИЗОМЕРНЫХ СОСТОЯНИЯХ ТИПА



1967.

P6 - 3468

Ж.Т. Желев, В.Г. Калинин, Я. Липтак, Л.К. Пекер

ОБ ИЗОМЕРНЫХ СОСТОЯНИЯХ ТИПА

$I_{\pi}^{-} II/2^{-}$ ($h II/2$) $^{137}_{60}Nd$ и $^{137}_{59}P$ 78

НОВЫЙ ИЗОТОП $^{136}_{60}Nd$ 76

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

5346/1 24.

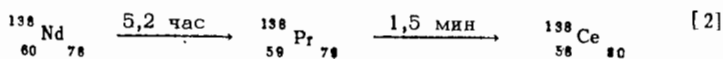
1. Введение

Недавно сообщалось об открытии изотопа ${}^{137}_{60}\text{Nd}_{77}$, период полураспада которого составляет $T_{1/2} = 55,0 \pm 1,5$ мин^{1/}.

В настоящей заметке мы хотим обратить внимание на то, что обнаруженное у 55-минутной активности неодима излучение ^{1/} позитроны с $E_{\text{гр}} \approx 3000$ кэв и γ -лучи с $E_{\gamma} = 540$ и 553 кэв связаны с распадом нового изотопа ${}^{136}\text{Nd}$, также имеющего период полураспада $T_{1/2} = 55$ мин.

Рассмотрим ожидаемые свойства изотопа ${}^{136}\text{Nd}$ — первого члена в цепочке

${}^{136}_{60}\text{Nd}_{76} \longrightarrow {}^{136}_{59}\text{Pr}_{77} \xrightarrow{13,5\text{М}} {}^{136}_{58}\text{Ce}_{78}$. Прежде всего отметим, что известны аналогичные цепочки для ядер с $A = 138$ и 140:



Известно, что указанные в цепочках основные состояния ${}^{138}\text{Pr}$ и ${}^{140}\text{Pr}$ имеют характеристики $I^{\pi} = 1^{+}$ и конфигурацию $\{p(d_{5/2}), p(d_{3/2})\}$. Бета-переходы ядер Pr на основные состояния Ce ($I^{\pi}_i = 1^{+} \rightarrow I^{\pi}_f = 0^{+}$) связаны с превращением $p(d_{5/2}) \rightarrow p(d_{3/2})$, что обеспечивает разрешенный

характер бета-переходов $^{138}\text{Pr} \rightarrow ^{138}\text{Ce}$ ($\log_{10} ft = 4,7 \pm 0,2$)^{/2,4/} и $^{140}\text{Pr} \rightarrow ^{140}\text{Ce}$ ($\log_{10} ft = 4,40 \pm 0,05$)^{/3,5/}.

Можно ожидать, что β -переходы в первой половине цепочек $^{138}\text{Nd} \rightarrow ^{138}\text{Pr}$ и $^{140}\text{Nd} \rightarrow ^{140}\text{Pr}$ типа $I_i^{\pi} = 0^+ \rightarrow I_f^{\pi} = 1^+$ (связывающие аналогичные конфигурации) должны иметь близкие значения $\log_{10} ft$.

Что касается цепочки с $A = 136$, то сопоставление значений $T_{1/2}$ и Q_{β^+} распада ^{138}Pr со значениями этих величин для ^{138}Pr и ^{140}Pr показывает, что основное состояние ^{138}Pr не принадлежит к конфигурации $\{p(d_{5/2}), n(d_{3/2})\}_{I=1^+}$. В противном случае период полураспада этого изотопа составил бы не 13,5 мин, а < 1 мин. С этим выводом согласуются и другие данные о схеме распада ^{138}Pr /6/.

Однако несомненно, что состояние $I_i^{\pi} = 1^+ \{p(d_{5/2}), n(d_{3/2})\}$, аналогичное основным состояниям соседних ядер ^{138}Pr и ^{140}Pr , у ^{138}Pr должно находиться среди его нижних возбужденных уровней и β -распад $^{138}\text{Nd} \rightarrow ^{138}\text{Pr}$, в основном, будет идти через этот уровень ($I_i^{\pi} = 0^+ \rightarrow I_f^{\pi} = 1^+$).

К сожалению, мы не знаем из опыта энергии β -переходов в первой половине всех трех цепочек, однако, ее можно грубо оценить, например, по методу Леви /7/: $Q_{\beta^+} \approx 330$ кэВ (^{140}Nd), $Q_{\beta^+} \approx 1100$ кэВ (^{138}Nd), $Q_{\beta^+} \approx 1800$ кэВ (^{136}Nd). Вычисленные с этими Q_{β^+} значения $\log_{10} ft$ для ^{140}Nd ($\approx 5,2$) и ^{138}Nd ($\approx 5,1$) совпадают с ожидаемыми и в какой-то мере оправдывают такие оценки.

Принимая $\log_{10} ft \approx 5,1$ и $Q_{\beta^+} \approx 1800$ кэВ, легко получить значение периода полураспада ^{138}Nd $T_{1/2} = 1-2$ часа, что совпадает с наблюдавшимся на опыте значением $T_{1/2} = 55$ мин.

2. Экспериментальные результаты

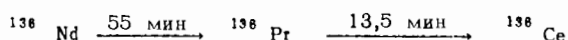
В спектре γ -лучей и электронов внутренней конверсии Nd с $T_{1/2} = 55$ мин наблюдается ряд линий (табл. 1 и 2). Измерения спектра γ -лучей выполнены при помощи спектрометра с $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектором с чувствительным объемом 12 см^3 . Разрешающая способность спектрометра - 4,5 кэВ на γ -линии ^{60}Co с $E_{\gamma} = 1332$ кэВ.

Измерения конверсионного спектра выполнялись на магнитном бета-спектрометре с двойной двукратной фокусировкой пучка частиц на угол $\pi/2$. Разрешающая способность бета-спектрометра - $\approx 0,2\%$ при светосиле $\approx 0,1\%$ от полного телесного угла.

Кроме того, выполнены измерения β^+ -спектра 55-минутной активности Nd . Уточнена граничная энергия жесткой компоненты позитронного излучения ($E_{гр} = 2970 \pm 50$ кэв) и обнаружена более мягкая компонента ($E_{гр} = 1350 \pm 50$ кэв) (рис. 1).

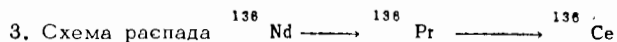
Во всех измерениях в качестве источников служила фракция неодима, хроматографически выделенная из Gd -мишени, облученной быстрыми протонами ($E_p = 660$ Мэв). Фракция содержит помимо активности неодима с $T_{1/2} = 55$ мин другие нейтронодефицитные изотопы Nd с $A=141$ ($T_{1/2} = 2,4$ часа), $A = 140$ ($T_{1/2} = 3,3$ дн.), $A = 139$ ($T_{1/2} = 5,53$ час), $A = 138$ ($T_{1/2} = 5,2$ час).

Обращает на себя внимание совпадение характеристик излучения Nd с $T_{1/2} = 55$ мин и ^{136}Pr ($T_{1/2} = 13,5$ мин). Это подтверждает существование цепочки распада, начинающейся с ранее неизвестного изотопа ^{136}Nd :



Используя данные из табл. 1 и 2, можно показать, что наиболее интенсивные γ -переходы (с $h\nu = 538,9$; $551,5$ и $1090,4$ кэв) осуществляются в ядре Ce ($Z = 58$) (см. табл. 3).

Прежде чем перейти к обсуждению схемы уровней ^{136}Ce , возбуждаемых из распада ^{136}Pr , мы приведем наши данные о мультипольностях некоторых переходов в ^{136}Ce (табл. 4). Чтобы выразить относительные интенсивности γ -лучей и конверсионных электронов (табл. 2 и 3) в одних единицах, используем тот факт, что γ -переход с $h\nu = 108,8$ кэв в ядре ^{137}Pr , интенсивность которого спадает с таким же периодом полураспада $T_{1/2} = 55$ мин, типа M1. Это позволит нам определить КВК перехода $551,5$ кэв в ^{136}Ce , что совместно с данными по отношению К/L приводит к заключению о E2-типе рассматриваемого перехода. Переходы с $h\nu = 538,9$ и $1090,4$ кэв также имеют мультипольность типа E2.



Система уровней ^{136}Ce , возбуждаемых при распаде ^{136}Pr ($T_{1/2} = 13,5$ мин), известна по работе /6/. В своей работе мы принимаем эту схему за основу, внося некоторые изменения. Такой вариант схемы представлен на рис. 2.

В качестве квантовых характеристик основного состояния ядра $^{136}_{59}\text{Pr}_{77}$ мы выбираем $I^\pi = 2^+$ или 3^+ . Это следует из баланса интенсивностей при распаде $^{136}\text{Pr} \rightarrow ^{136}\text{Ce}$. По модели оболочек основному состоянию $^{136}_{59}\text{Pr}_{77}$ можно приписать конфигурацию $\{p(d_{5/2}), n(s_{1/2})\}$.

Баланс интенсивностей проведен в предположении, что бета-распад ^{136}Pr на основное состояние ^{136}Ce практически не происходит. Это позволило нам подсчитать вероятности заселения уровней ^{136}Ce из распада ^{136}Pr . Ветвление w_ϵ/w_{β^+} для β -переходов на каждый уровень ^{136}Ce мы принимали равным теоретическому $^{10/}$, считая бета-переходы разрешенными. На рис. 2 для каждого уровня ^{136}Ce приводится вероятность его заселения и соответствующее значение $\log_{10} ft$ бета-перехода на этот уровень. В качестве функции $f(E, Z)$ использовалась f^+ разр. $(E, Z)^{11/}$ и f^ϵ разр. $(E, Z)^{10/}$.

Полученные нами данные о мультипольностях γ -переходов 538,8; 551,5 и 1090,4 кэВ позволяют однозначно приписать уровням 551,5 и 1090,4 кэВ характеристики $I^\pi = 2^+$.

Уровню с энергией 1551,5 кэВ в работе $^{16/}$ приписаны характеристики $I^\pi = 0^+$ или 2^+ на основании того, что бета-переход на этот уровень носит разрешенный характер. В связи с тем, что нами изменены квантовые характеристики основного состояния ^{136}Pr , мы считаем возможным оставить у уровня 1551,5 кэВ характеристики $I^\pi = 2^+$.

В работе $^{16/}$ введен уровень с энергией 760 кэВ. Мы считаем, что этот уровень нельзя отнести к ядру ^{136}Ce , так как переход с $h\nu = 760$ кэВ, по нашим данным, не связан с распадом $^{136}\text{Pr} \rightarrow ^{136}\text{Ce}$. Переход с $h\nu = 673$ кэВ, которым заселяется уровень 760 кэВ, также, по нашему мнению, не имеет места при распаде ^{136}Pr . Дополнительным аргументом против введения уровня с энергией 760 кэВ в ядре $^{136}_{59}\text{Ce}_{78}$ является тот факт, что в четно-четных ядрах трудно ожидать еще одно состояние вблизи первого возбужденного уровня с $I^\pi = 2^+$.

Заканчивая краткое рассмотрение схемы распада $^{136}\text{Nd} \xrightarrow{55 \text{ мин}} ^{136}\text{Pr} \xrightarrow{13,5 \text{ мс}} ^{136}\text{Ce}$, отметим, что уровень с $I^\pi = 1^+$ (конфигурация $\{p(d_{3/2}), n(d_{3/2})\}$ в ядре ^{136}Pr лежит вблизи основного состояния. Именно через этот уровень должен идти, в основном, β -распад $^{136}\text{Nd} \rightarrow ^{136}\text{Pr}$. В γ -спектре 55-минутной активности Nd мы не смогли обнаружить прямой γ -переход с уровня

$\{p(d_{5/2}), n(d_{3/2})\}_{\beta^+}$ в основном состоянии ^{136}Pr . Можно утверждать, что энергия такого перехода < 100 кэв.

4. Об изомерии в ядрах ^{137}Nd и ^{137}Pr

Рассмотрим некоторые свойства ядер $^{137}_{60}\text{Nd}_{77}$ и $^{139}_{60}\text{Nd}_{79}$. В работе /12/ было показано, что при β^+ -распаде изомерного состояния ^{139}Nd с $I^\pi = 11/2^-(h_{11/2})$ в дочернем ядре ^{139}Pr возбуждается изомерный уровень с энергией 820 кэв с $I^\pi = 11/2^+(h_{11/2})$ (рис. 3). Это состояние распадается как прямым переходом типа ЕЗ в основное состояние ^{139}Pr с $I^\pi = 5/2^+(d_{5/2})$, так и на промежуточный уровень 113,8 кэв с $I^\pi = 7/2^+(g_{7/2})$ у-переходом 707 кэв. Хотя время жизни уровня 820 кэв пока не измерено, в работе /12/ показано, что γ -лучи 707 кэв практически не дают быстрых совпадений ни с одной γ -линией сложного спектра, кроме γ_{114} . Это прямо указывает на достаточно большое время жизни уровня 820 кэв.

Появление такого долгоживущего уровня $h_{11/2}$ в изотопе $^{139}_{54}\text{Pr}$, а равно в $^{149}_{61}\text{Pm}$, $^{147}_{63}\text{Eu}$, $^{149}_{63}\text{Eu}$, $^{151}_{63}\text{Eu}$, представляется интересным, так как эти ядра находятся вне обычно рассматриваемых в модели оболочек границ "острова" изомерии $Z > 64$.

На рис. 4 приведены данные об энергии уровней $d_{5/2}$, $g_{7/2}$ и $h_{11/2}$ в этих ядрах, которые в соответствии с ожиданиями демонстрируют понижение энергии уровней $g_{7/2}$ и $h_{11/2}$ по мере удаления от полумагических ядер с $N=82$.

Рассмотрим более подробно данные о распаде $^{137}_{60}\text{Nd}_{77}$. Обычно 77-ой нейтрон в основных состояниях нечетных ядер находится на уровне $d_{3/2}$ ($^{129}_{52}\text{Te}_{77}$, $^{131}_{54}\text{Xe}_{77}$, $^{135}_{58}\text{Ce}_{77}$). Можно думать, что и $^{137}_{60}\text{Nd}_{77}$ не является исключением и его основное состояние будет типа $d_{3/2}$. Изучение схемы распада дочернего ядра $^{137}_{59}\text{Pr}_{78}$ показало, что основное состояние этого ядра $-d_{5/2}$. Бета-переходы между такими состояниями $d_{5/2} \rightarrow d_{3/2}$ относятся к типу разрешенных и имеют $\log_{10} ft \approx 5,1$ (см. табл. 5).

Если принять для распада $^{137}\text{Nd} \rightarrow ^{137}\text{Pr}$ экспериментальное значение $E_\beta \approx 3$ Мэв /11/ (приблизительно такое же значение $\approx 2,8$ Мэв получается по оценке Леви /17/), то для этого β -превращения $\log_{10} ft \approx 5,9$. Слишком большая величина $\log_{10} ft$ свидетельствует о том, что рассматриваемый переход

не типа $d_{3/2} \rightarrow d_{5/2}$, так как переход $d_{3/2} \rightarrow d_{5/2}$ при распаде основного состояния должен был бы доминировать (ему соответствует наибольший матричный элемент). Следует признать, что наблюдаемый переход (и $T_{1/2} = 55$ мин) не может быть связан с распадом основного состояния $d_{3/2}$. Единственной альтернативой остается вывод о том, что состояние ^{137}Nd с $T_{1/2} = 55$ мин не основное $d_{3/2}$, а изомерное с $I^\pi = 11/2^-$ ($h_{11/2}$), аналогичное изомерному состоянию ^{139}Nd с $T_{1/2} = 5,53$ час (рис. 3). Это состояние может распадаться на относительно долгоживущий уровень $^{137}\text{Pr}_{78}$ с $I^\pi = 11/2^-$ ($h_{11/2}$), причем, согласно систематике (рис. 4), этот уровень должен иметь энергию возбуждения меньше, чем в ^{139}Pr (< 820 кэВ).

5. О периодах полураспада основных состояний ^{139}Nd и ^{137}Nd

Используя систематику данных о β^+ -переходах типа $d_{5/2} \rightarrow d_{3/2}$ (табл. 5), рассмотрим вопрос об основных состояниях ядер ^{139}Nd и ^{137}Nd .

В работе ^{/17/} было установлено, что распад ^{139}Nd 5,5 час ^{139}Pr сопровождается испусканием позитронов с граничной энергией $E_{\text{гр}} = 1000 \pm 100$ кэВ. Нет сомнения, что этот β^+ -переход происходит между изомерными состояниями типа $h_{11/2}$ ядер ^{139}Nd и ^{139}Pr (рис. 3). Отсюда мы получаем энергию β^+ -распада $^{139}\text{Nd}(d_{3/2}) \rightarrow ^{139}\text{Pr}(d_{5/2})$ $Q_{\beta^+} = 2610 \pm 100$ кэВ. Если принять, что β^+ -переходы типа $d_{5/2} \rightarrow d_{3/2}$ характеризуются величиной $\log_{10} ft = 5,15 \pm 0,15$ (среднее значение из табл. 5), то для периода полураспада $^{139}\text{Nd}(d_{3/2})$ получаем: $T_{1/2} = (52 \pm 20)$ мин.

Отметим, что величина Q_{β^+} для перехода между основными состояниями ядер ^{139}Nd и ^{139}Pr хорошо согласуется со значением, предсказанным из систематики величин Q_{β^+} β -переходов типа $d_{5/2} \rightarrow d_{3/2}$ для ядер, соседних с $^{139}\text{Nd}_{79}$ и $^{139}\text{Pr}_{80}$ (см. рис. 5а).

Рассмотрим теперь данные относительно распада основного состояния ^{137}Nd . В 1951 г. Стовер ^{/18/} при облучении окиси празеодима протонами с энергией 40–50 МэВ обнаружила ранее неизвестную активность неодима с периодом полураспада $T_{1/2} = 22 \pm 2$ мин. Эту активность Стовер предположительно приписала изотопу ^{138}Nd , возникшему в реакции $^{141}\text{Pr}(p, 4n)$. По данным Стовер ^{/18/}, распад 22-минутной активности Nd сопровождается испусканием

позитронов. Максимальная кинетическая энергия β^+ -частиц была измерена методом поглощения: $E_{гр} = 2,4$ Мэв.

Как показано в работах ^{/3,12,2/}, изотоп ^{138}Nd имеет период полураспада $T_{1/2} = 5,2 \pm 0,1$ час. Ядро $^{138}_{60}\text{Nd}_{78}$ - четно-четное и в нем нельзя ожидать изомерного состояния с большим временем жизни. Кроме того, превращение $^{138}\text{Nd} \rightarrow ^{138}\text{Pr}$ не может сопровождаться испусканием позитронов со столь большой кинетической энергией $E_{\beta^+} \approx 2,4$ Мэв (по Леви ^{/7/} $Q_{\beta^+} \approx 1100$ кэв). Поэтому обнаруженная Стовер ^{/18/} активность с $T_{1/2} = 22 \pm 2$ мин не относится к ^{138}Nd , а принадлежит другому изотопу неодима.

В частности, этот период может относиться к основному состоянию ^{137}Nd . Образование этого изотопа энергетически было возможным в опытах Стовер по реакции $^{141}\text{Pr} (p, 5n)$.

На рис. 5б дана систематика энергий β^+ -распада между состояниями $d_{5/2}$ и $d_{3/2}$ для ядер, соседних с $^{137}_{60}\text{Nd}_{77}$ и $^{137}_{59}\text{Pr}_{78}$. Из этого рисунка видно, что бета-переход между основными состояниями ^{137}Nd и ^{137}Pr должен иметь энергию $Q_{\beta^+} = 3350$ кэв. Это значение очень хорошо согласуется с экспериментальной величиной, установленной Стовер ^{/18/} для β^+ -распада 22-минутной активности Nd ($Q_{\beta^+} = 3420$ кэв). Поэтому мы считаем, что обнаруженная ранее ^{/18/} активность Nd с $T_{1/2} = 22 \pm 2$ мин принадлежит изотопу $^{137}\text{Nd}(d_{3/2})$ (рис. 3). Значение $\log_{10} ft$ бета-перехода $^{137}\text{Nd}(d_{3/2}) \rightarrow ^{137}\text{Pr}(d_{3/2})$, подсчитанное с указанными величинами Q_{β^+} и $T_{1/2}$, будет равно 5,4, что характерно для β^+ -переходов типа $d_{5/2} \rightarrow d_{3/2}$ (см. табл. 5).

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить В. Докзову и А. Липтак за помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. K.Gromov, V. Kalinnikov, V. Kuznetsov, N. Lebedev, G. Musiol, E. Hermann, Zh. Zhelev, B. Dzheleпов, A. Kudryavtseva, Nucl. Phys., 73, 65 (1965).
2. K. Gromov, J. Demeter, Sch. Schelew, W. Kalinnikov, Kim En Su, N. Lebedev, F. Molnar, W. Morosow, G. Pfrepper, V. Chalkin, E. Herrmann, D. Christow, Nucl. Phys., 88, 225 (1966).

3. Б.С. Джелепов, Л.К. Пекер, В.О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер с $Z > 100$. Изд. АН СССР, М-Л, 1963.
4. В.С. Бутцев, Ж.Т. Желев, В.Г. Калинин, А.В. Кудрявцева, Я. Липтак, Ф. Молнар, У. Назаров, Я. Урбанец. Пр. и тезисы докладов XVII ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Изд. "Наука", Ленинград, 1967.
5. Л.Н. Абесалашвили, Ж. Желев, В.Г. Калинин, Я. Липтак, У. Назаров, Я.Урбанец. Препринт ОИЯИ Р6-3343, Дубна 1967.
6. A.R.Brosi, B.N.Ketelle, J.R.Van Hise. ORNL-3994 (1966).
7. J.Riddell. AECI-339 (1967).
8. М.П. Авотьяна, Ж.Т. Желев, В.Г. Калинин. Препринт ОИЯИ № 2412, Дубна 1965.
9. Л.А. Слив, И.М. Банд. Таблицы КВК гамма-излучения на К и L-оболочках. В книге "Гамма-лучи", изд. АН СССР, М-Л, 1961.
10. Л.Н. Зырянова. Уникальные бета-переходы. Изд. АН СССР, М-Л, 1960.
11. Б.С. Джелепов, Л.Н. Зырянова. Влияние электрического поля атома на бета-распад. Изд. АН СССР, М-Л, 1956.
12. К.Я. Громов, А.С. Данагулян, Л.Н. Никитюк, В.В. Муравьева, А.А. Сорокин, М.З. Шталь, В.С. Шпинель. ЖЭТФ, 47, 1645 (1964).
13. K.Kotajima, K.W.Brockman and G.Wolzack. Nucl.Phys., 65, 109 (1965).
14. Л.Н. Абесалашвили, Ж. Желев, В.Г. Калинин, Я. Липтак, У. Назаров, Я. Урбанец. Препринт Р6-3341, Дубна 1967.
15. J.D.King et al., Nucl.Phys., A99, 433 (1967).
16. J.R.Van Hise, B.N.Ketelle and A.R.Brosi. Phys.Rev., 153, 1287 (1967).
17. Н.А.Бонч-Осмоловская, Б.С.Джелепов, О.Е.Крафт, Чжоу Юе-ва. Изв. АН СССР, сер. физ., 25, 826 (1961).
18. B.J. Stover. Phys.Rev., 81, 8 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел
28 июля 1967 г.

Таблица I

Гамма - лучи ^{136}Pr

№ пп	Работа [6]		Данная работа		Примечание
	E_{γ} , кэВ	I_{γ} отн.	E_{γ} , кэВ	I_{γ} отн.	
I.	460	I4	46I,2	I3,5 \pm 0,5	не принадлежит ^{136}Pr "-
2.	540	I00 ^{x)}	539,3	I00 ^{x)}	
3.	552	I44	55I,7	I43 \pm 3	
4.	673	0,6	-	-	
5.	760	3.I	..	-	
6.	976	I,6	(97I)	2,0 \pm 0,6	
7.	I00I	8,5	999,5	9,3 \pm I,2	
8.	I047	2,I	I045,5	2,6 \pm 0,6	
9.	I092	36	I090,4	33,0 \pm I,6	
IO.	I36I	2,3	I358	3,3 \pm 0,8	
II.	I433	2,2	I430	2,7 \pm 0,8	
I2.	I5I9	3,I	I5II	2,5 \pm 0,9	
I3.	I578	I,6	I573	2,0 \pm 0,8	
I4.	I60I	5,0	I596,6	слож	
I5.	I904	I,7	-	-	
I6.	2074	3,5	-	-	
I7.	2249	I,4	-	-	
I8.	2458	I,I	-	-	

x) I 540 принята за I00 ед.

Таблица 2

Электроннй внутренней конверсии ^{136}Pr

№ п/п	Работа [8] xx)		Данная работа		
	E_e , кэВ	относит. интенсивн.	E_e , кэВ	относит. интенсивн.	Идентификация линий
1.	498,7	765 ± 60	$498,4 \pm 0,4$	756 ± 60	K 538,9
2.	511,25	$1000^x)$	$511,0 \pm 0,4$	$1000^x)$	K 551,5
3.	533,5	276 ± 28	-	-	L539+ K575,5 ^{137}Nd
4.	545,5	143 ± 15	-	-	L 552,0
5.	-	-	$1050,0 \pm 0,7$	$45 \pm 4,5$	K 1090,4

x) K551,5 принята за 1000.

xx) Данные работы [8] заново пересмотрены.

Таблица 3

Определение заряда ядра, в котором происходят гамма-переходы с энергиями 538,9; 551,5 и 1090,4 кэВ.

Переход (кэВ)	Разность, $E_\gamma - E_{e_k}$ (кэВ)			
	Эксперимент	Т е о р и я [5]		
		$Z = 59$	$Z = 58$	$Z = 57$
538,9	$40,9 \pm 0,6$	} 42,00	40,45	38,93
551,5	$40,7 \pm 0,6$			
1090,4	$40,4 \pm 0,9$			

Таблица 4

Мультиплетности некоторых гамма-переходов в ядре ^{136}Ce

E _γ (кэВ)	Ядро, определяющее мультиплетность	Эксперимент	Т е о р и я [9]						Вывод о мультиплетности
			E1	E2	E3	M1	M2	M3	
538,9	α_k	$(7,95 \pm 0,95) 10^{-3}$	2,72(-3)	7,6(-3)	1,97(-2)	1,16(-2)	3,63(-2)	9,65(-2)	E2
551,5	κ/λ	$7,0 \pm 0,9$	7,6	6,3	4,5	7,2	6,7	5,8	E2
	α_k	$7,2(-3)$	2,57(-3)	7,2(-3)	1,85(-2)	1,10(-2)	3,4(-2)	9,0(-2)	E2
1090,4	α_k	$(1,46 \pm 0,30) 10^{-3}$	6,4(-4)	1,5(-3)	3,1(-3)	2,15(-3)	5,3(-3)	1,05(-2)	E2

Таблица 5

Систематика данных о бета-переходах типа $d_{5/2} \rightleftharpoons d_{3/2}$

Бета-превращение	$I_i^{\bar{\lambda}}$	$I_f^{\bar{\lambda}}$	Q_{β} кэВ	I % β^+	I % ϵ	$T_{1/2}$	$\log_{10} ft$	Ссылка
$^{143}\text{Eu} \rightarrow ^{143}\text{Sm}$	$5/2^+$	$3/2^+$	5000 ± 200	-	-	$2,3 \pm 0,2$ м	5,1	[13]
$^{143}\text{Sm} \rightarrow ^{143}\text{Pm}$	$3/2^+$	$5/2^+$	3520	43	57	$8,6 \pm 0,1$ м	4,8	[3]
$^{141}\text{Pm} \rightarrow ^{141}\text{Nd}$	$5/2^+$	$3/2^+$	3620	60	40	22 ± 1 м	5,4	[3]
$^{141}\text{Nd} \rightarrow ^{141}\text{Pr}$	$3/2^+$	$5/2^+$	1810 ± 20	2,6	94,7	2,42 час	5,2	[3], [14]
$^{139}\text{Pr} \rightarrow ^{139}\text{Ce}$	$5/2^+$	$3/2^+$	2110 ± 20	22,2	76,5	4,5 час	5,2	[15]
$^{139}\text{Ce} \rightarrow ^{139}\text{La}$	$3/2^+$	$5/2^+$	104	0	100	140 дн.	5,3	[3]
$^{137}\text{Pr} \rightarrow ^{137}\text{Ce}$	$5/2^+$	$3/2^+$	1740 ± 10	27	67	$76,6 \pm 1,5$ м	4,9	[16]
$^{137}\text{Ce} \rightarrow ^{137}\text{La}$	$3/2^+$	$5/2^+$	1190	-	97	9,0 час	5,3	[3]

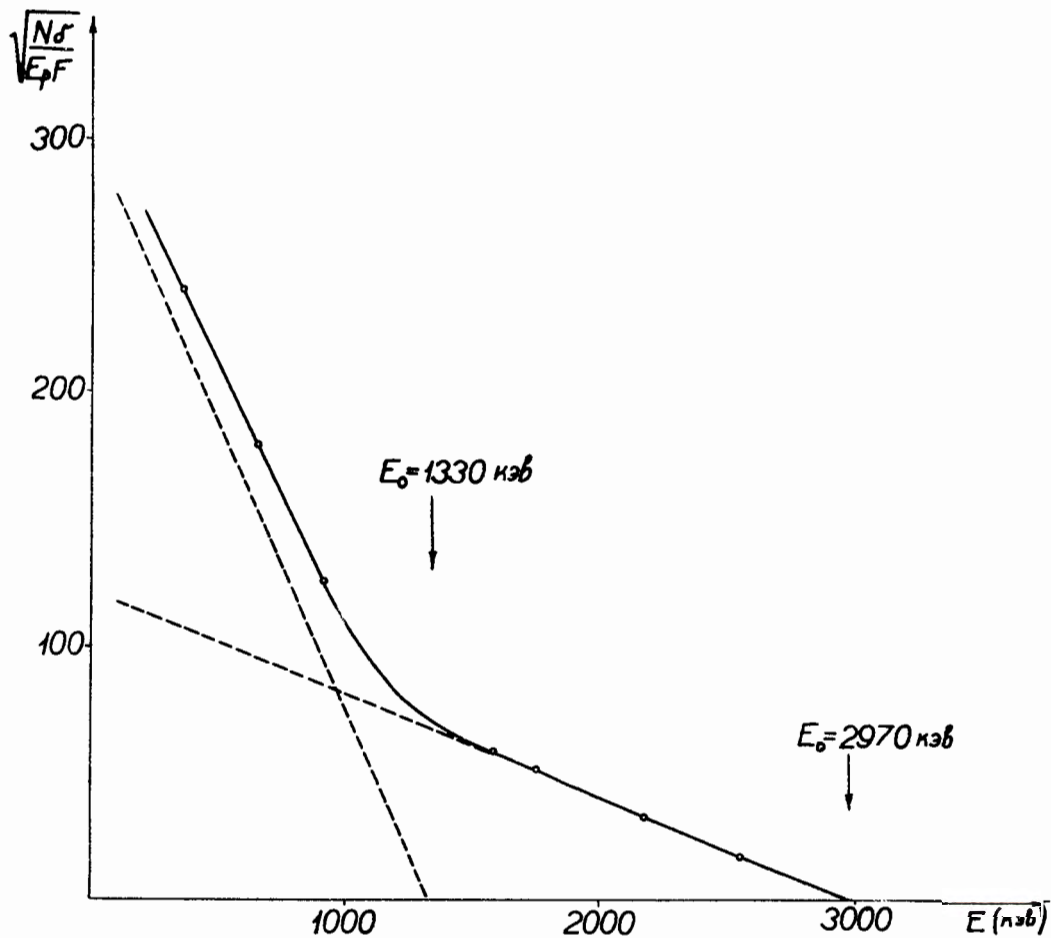


Рис. 1. График Кюри-Ферми позитронного спектра 55-минутной активности.

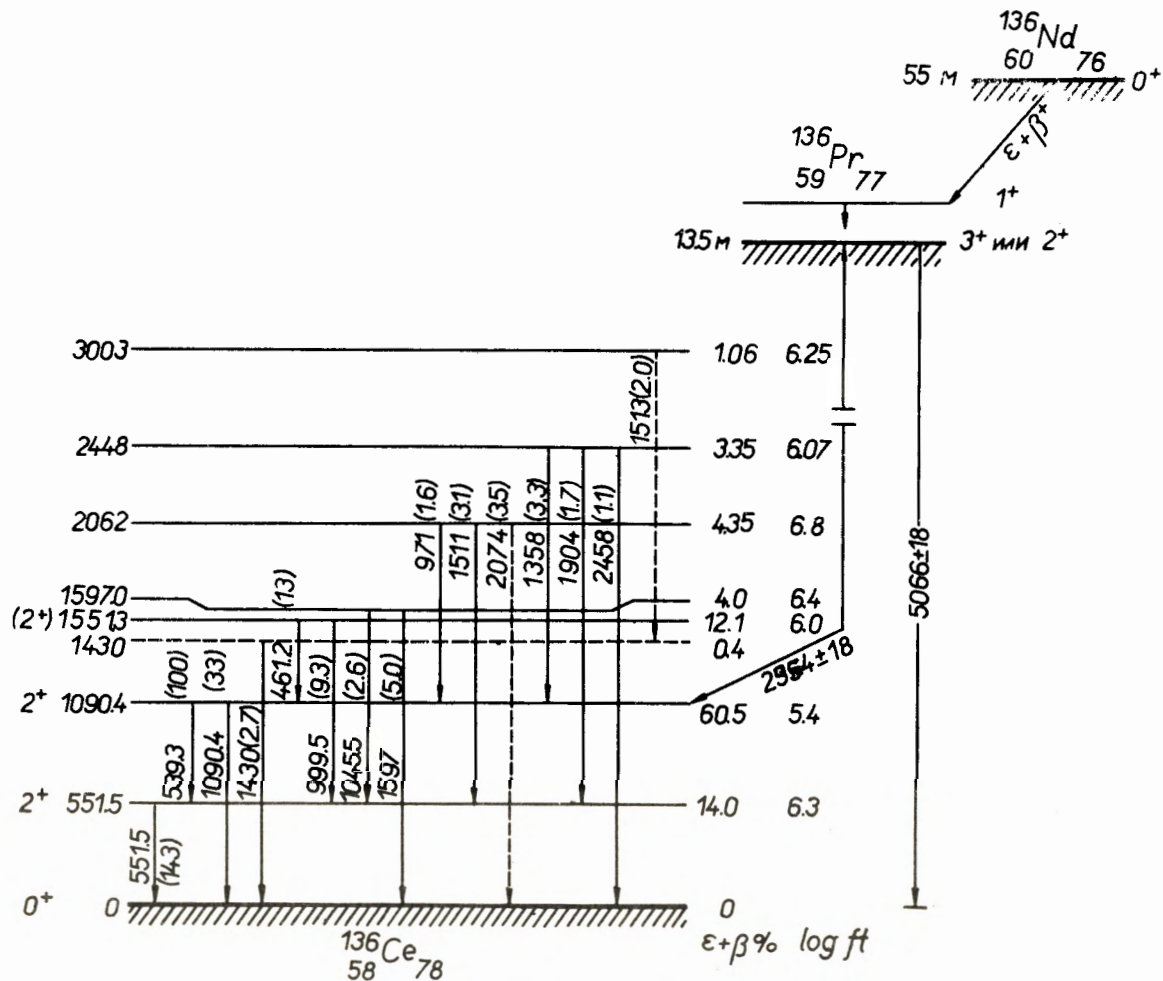


Рис. 2. Схема распада $^{136}\text{Nd} \rightarrow ^{136}\text{Pr} \rightarrow ^{136}\text{Ce}$.

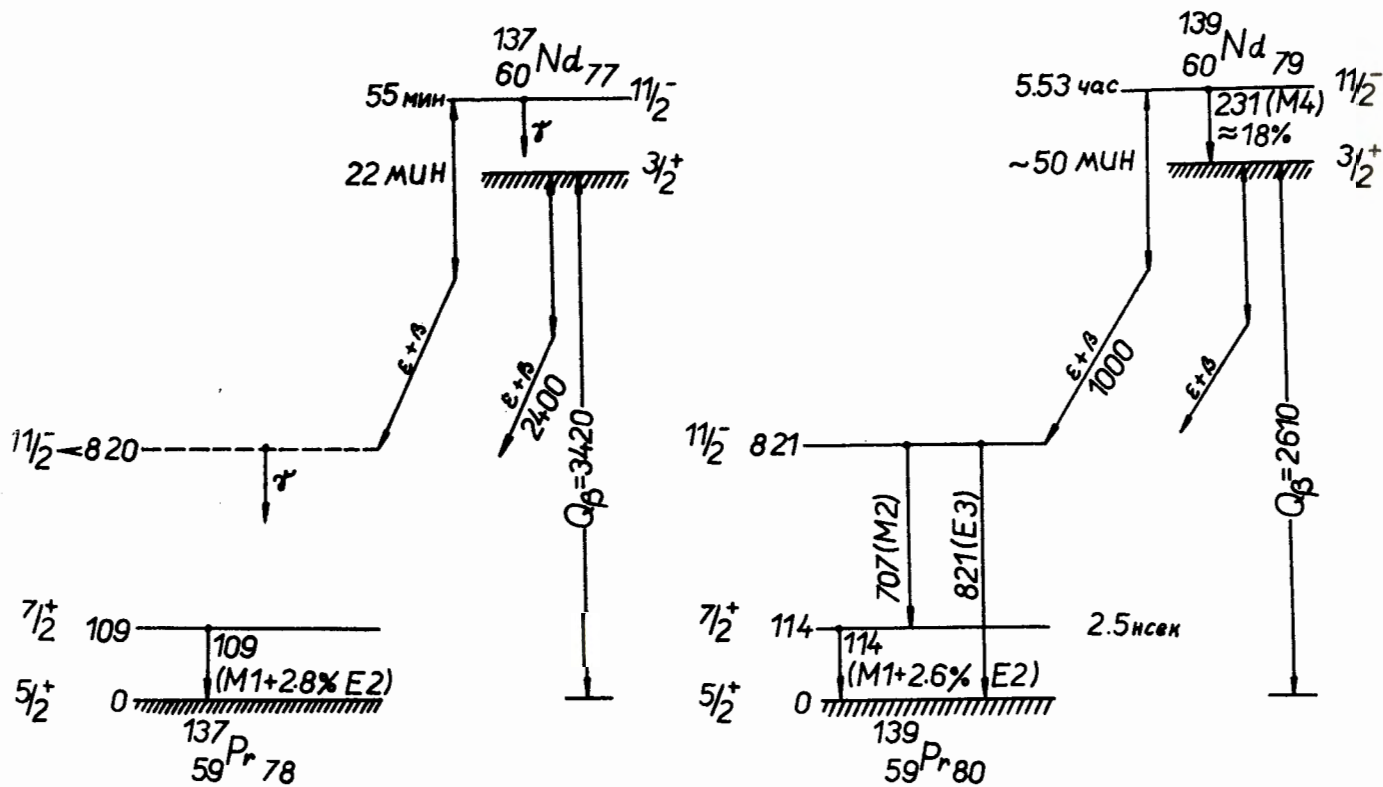


Рис. 3. Фрагменты схем распада изотопов ^{137}Nd и ^{139}Nd .

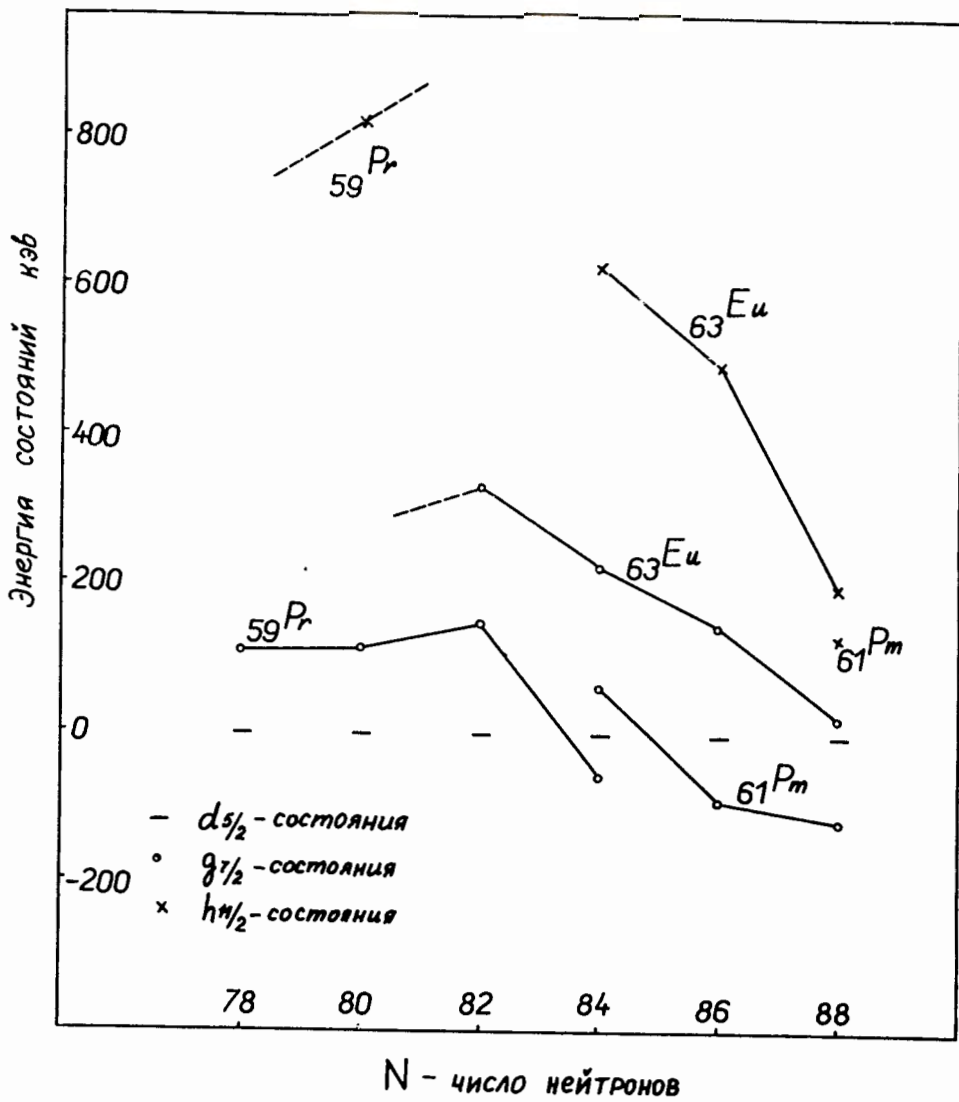


Рис. 4. Систематика энергий уровней с $I^\pi = 5/2^+$, $7/2^+$ и $11/2^-$ в нечетных ядрах ^{59}Pr , ^{61}Pm , ^{63}Eu .

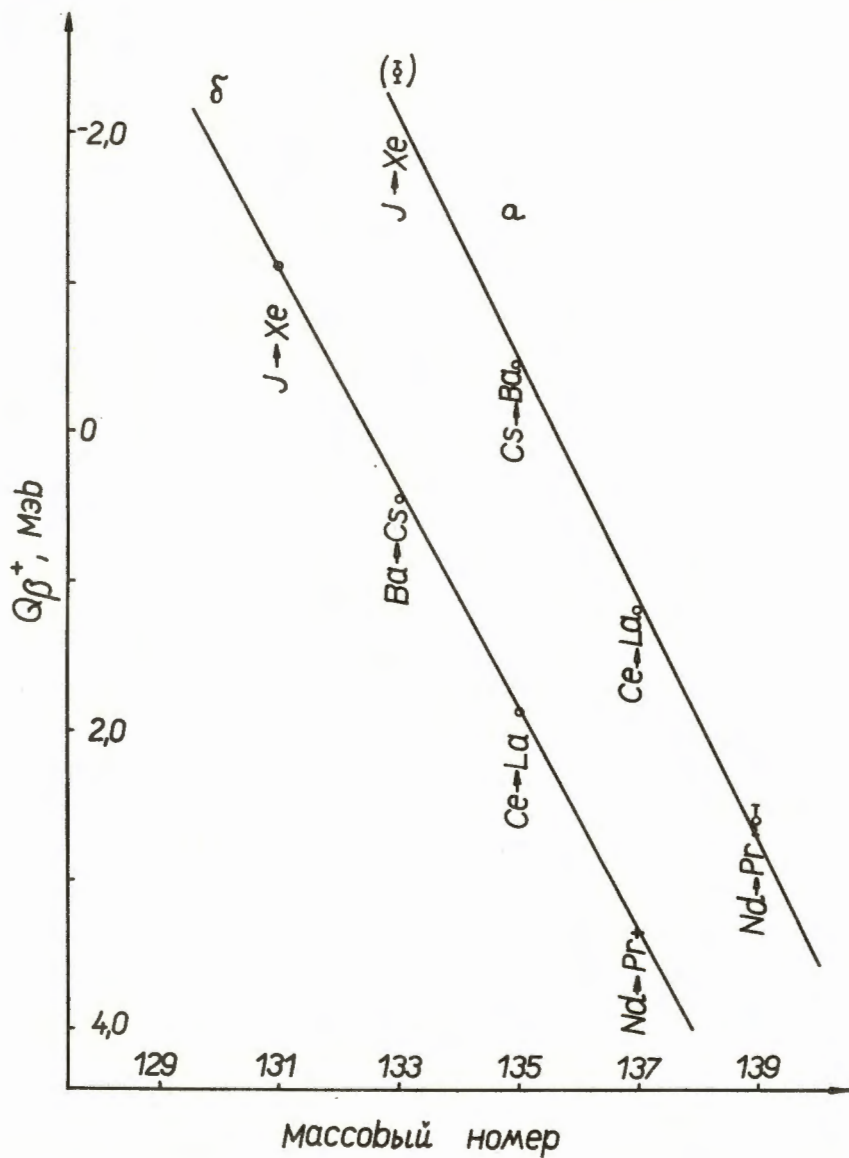


Рис. 5. Систематика энергий β^+ -распада для переходов типа $d_{5/2} \rightarrow d_{5/2}$;
 а) бета-превращения ядер, соседних к ${}^{139}_{60}Nd_{79} \rightarrow {}^{139}_{59}Pr_{80}$;

б) бета-превращения ядер, соседних к ${}^{137}_{60}Nd_{77} \rightarrow {}^{137}_{59}Pr_{78}$.