

22/III 72

A-828

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

P6 - 6217



Р. Арльт, Г. Байер, В.А. Морозов, Г. Музиоль,
Т.М. Муминов, Х. Тыррофф, Х. Штрусный,
З.А. Усманова, В.И. Фоминых, Х. Фуя,
А.Б. Халикулов, Э. Херрманн

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА $^{135}_{59}\text{Pr}_{76} \rightarrow ^{135}_{58}\text{Ce}_{77}$

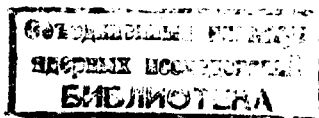
1972

P6 - 6217

Р.Арлыт, Г.Байер, В.А. Морозов, Г. Музиоль,
Т.М. Муминов*, Х. Тыррофф, Х. Штрусный,
З.А. Усманова, В.И. Фоминых, Х. Фуя,
А.Б. Халикулов*, Э. Херрманн

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА $^{135}_{59}\text{Pr}_{76} \rightarrow ^{135}_{58}\text{Ce}_{77}$

Направлено в "Известия АН СССР" (сер. физ.)



* Самаркандский государственный университет

1. Введение

Изучение схемы распада ^{135}Pr , ^{135}Ce представляет большой интерес, так как ядро $^{135}_{58}\text{Ce}_{77}$ находится в переходной области между "сферическими" ядрами околomagического числа $U = 82$ и сильнонейтронодефицитными ядрами "новой" области деформации в районе Ba , La , Ce .

Изотоп ^{135}Pr ($T_{1/2} = 27$ мин) был открыт авторами работы /1/.

В этой же работе были найдены три гамма-перехода с энергиями 80, 220 и 300 кэв, относящиеся к распаду ^{135}Pr , и определена граничная энергия β^+ -спектра ^{135}Pr , равная 2500 ± 100 кэв. Авторами работы /2/ измерялся гамма-спектр распада ^{135}Pr при помощи Ge(Li) -спектрометра. При обсуждении данных о разрядке изомерного состояния в ядре ^{135}Ce , полученных авторами работ /3,4/ в реакциях с тяжелыми ионами, возникли разногласия, ставящие под сомнение часть схемы распада ^{135}Pr , предложенной в работе /2/. Применение более совершенной техники позволило найти в данной работе причину этих противоречий. Построена схема распада, содержащая 15 возбужденных состояний.

2. Приготовление источников

Нейтрондефицитные изотопы празеодима были получены глубокого расщепления при облучении порошкообразного комплекса $(NH_4)_2 / GdDTPA \cdot H_2O$ весом 1,5 г на внешней пучке протонов ($E_p = 660$ Мэв) синхроциклотрона ОИЯИ. Интенсивность пучка составляла $\approx 5 \cdot 10^{11}$ прот./сек. После 20–30-минутного облучения мишень транспортировалась с помощью пневмопочты к месту химического разделения и растворялась в 25 мл воды. Продукты расщепления, находившиеся в некомплексной форме в виде трехвалентных ионов редкоземельных элементов, сорбировались на катионите Дауэкс 50 х 8, который спустя полторы минуты после конца облучения отделялся от раствора центрифугированием. Затем смола промывалась водой и переносилась в хроматографическую колонку ($h = 100$ мм, $\phi 2$ мм) с этой же смолой в NH_4 -форме. В качестве элюента использовался 0,5 М буферный раствор альфа-окси-изобутирата аммония. Скорость вымывания составляла 1 капля за 12 секунд. Изотопы Pr получались через 10–12 минут после конца облучения в объеме 0,1 мл ^{/5/}. Полученная фракция упаривалась на платиновой ванночке почти до полного высушивания с добавлением после первого упаривания одной капли воды. Остаток растворялся в 0,06 мл воды. Следующей операцией являлось осаждение фракции на катодной подложке из металлического вольфрама (5 мм^2) при токе 20–30 ма, которое длилось около двух минут. Общий химический выход составляет для всех операций 40–50%. Разделение празеодимовой фракции на масс-сепараторе длилось менее пяти минут при выходе более 50%. Диаметр отдельных препаратов на алюминиевой ленте в коллекторе, находящихся на расстоянии 20 мм друг от друга, составляет 2 мм ^{/6,7/}.

Препараты вынимались из коллектора либо через шлюз, либо транспортировались движением ленты к $Si(Li)$ и $Ge(Li)$ -детекторам.

^{x/} DTPA – диэтилентриаминпентауксусная кислота.

$Si(Li)$ - детектор находился внутри вакуумного объема масс-сепаратора ^{18/}. Через 25-30 минут после конца облучения начинались измерения спектров гамма-лучей и конверсионных электронов.

3. Измерительная техника

Для измерения спектров гамма-лучей применялись $Ge(Li)$ -детекторы коаксиального типа с чувствительным объемом 1,8 и 38,5 см³. Энергетическое разрешение детекторов составляет 1,8 кэВ при энергии гамма-лучей 100 кэВ и 3,5 ± 4 кэВ для энергии гамма-лучей 1332 кэВ, соответственно. Измерения гамма-гамма-совпадений проводились с помощью установки на базе ЭВМ "Минск-2" ^{19/}. Чувствительный объем $Ge(Li)$ -детекторов этой установки составляет 20 и 25 см³.

Измерения спектров конверсионных электронов были выполнены при помощи $Ge(Li)$ -детектора с чувствительным слоем толщиной 1 мм. Для определения коэффициента внутренней конверсии измерялись как спектр гамма-лучей, так и спектр конверсионных электронов исследуемого препарата одновременно при помощи $Ge(Li)$ и $Si(Li)$ - детекторов, соответственно. Калибровка детекторов по эффективности регистрации гамма-лучей и электронов внутренней конверсии для фиксированной геометрии была проведена с помощью источника ^{139m}Nd, который получался аналогично препарату ¹³⁵Pr. Коэффициенты внутренней конверсии использованных для калибровки гамма-переходов с энергиями 113,9; 209,7 и 231,2 кэВ взяты из работы ^{10/}.

Информация, полученная в измерениях, передавалась в измерительный центр ЛЯП, где проводилась предварительная обработка данных с помощью автоматической системы, включающей в себя ЭВМ "Минск-22". Затем информация по кабельной связи поступала на ЭВМ СДС-1604 А, где проводилась окончательная обработка спектра ^{11/}. В ряде случаев

удалось определить энергию гамма-квантов с большой точностью $\Delta E < 100$ эв. Для этой цели регистрировались одновременно спектр исследуемого изотопа и спектры стандартных препаратов, таких как ^{169}Yb , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{88}Y , ^{60}Co и ^{207}Bi .

4. Экспериментальные результаты

Спектр гамма-лучей ^{135}Pr приведен на рис. 1. Этот спектр был получен методом сложения шести отдельных спектров, измеренных на шести источниках ^{135}Pr . Время измерения каждого из них составляло ≈ 30 минут.

Результаты обработки спектров приведены в таблице 1. Значения энергии гамма-переходов 82,64; 213,45; и 296,12 кэв были определены в специальном опыте, где применялся Ge(Li) - детектор с чувствительным объемом $1,8 \text{ см}^3$. Спектр конверсионных электронов распада ^{135}Pr показан на рис. 2. Результаты обработки данных представлены в таблице 2. На рис. 3 и 4 изображены некоторые результаты измерения гамма-гамма-совпадений. На рис. 3 приведен интегральный спектр совпадений и положение тех 12 окон, которые были заданы для измерения дифференциальных спектров совпадений. На рис. 4 представлены участки спектров гамма-гамма-совпадений, полученных в измерениях с выборкой окон № 1, 3 и 4.

5. Схема распада ^{135}Pr

На основании полученных данных измерений гамма-спектра и спектров гамма-гамма-совпадений была построена схема распада $^{135}\text{Pr}_{76} \rightarrow ^{135}\text{Ce}_{77}$, изображенная на рис. 5. Из 15 возбужденных уровней 9 были подтверждены гамма-гамма-совпадениями, 12 были введены впервые.

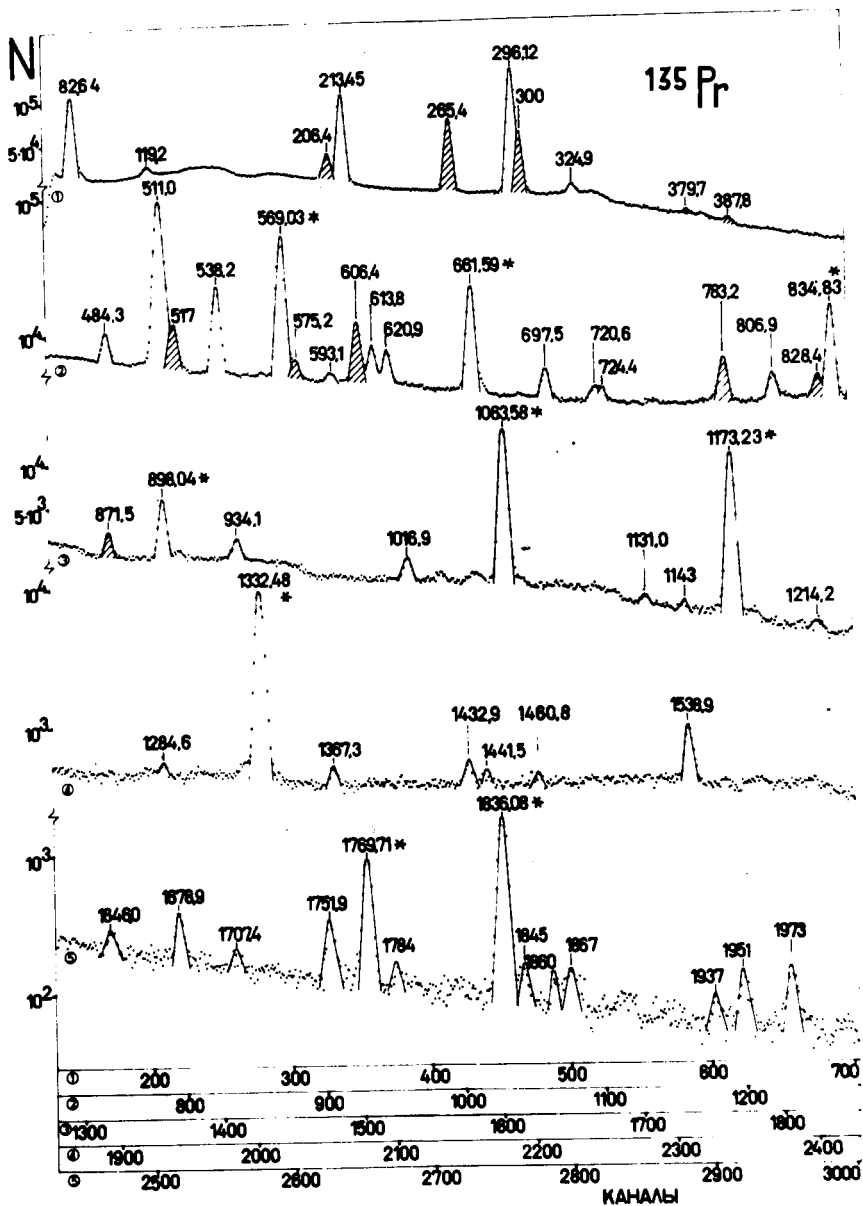


Рис. 1. Спектр гамма-лучей, возникающих при бета-распаде $^{135}\text{Pr} \rightarrow ^{135}\text{Ce}$, измеренный при помощи $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора с чувствительным объемом $38,5 \text{ см}^3$. Заштрихованные пики относятся к распаду дочернего изотопа ^{135}Ce ; отмеченные звездочкой - к распаду изотопов ^{207}Bi , ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{88}Y и ^{60}Co , используемых в качестве стандартных препаратов.

Таблица I

Гамма-лучи, возникающие при распаде $^{135}\text{Pr} \rightarrow ^{135}\text{Ce}$

E_γ	$\pm \Delta E_\gamma / \text{кэВ}$	I_γ	$\pm \Delta I_\gamma$	E	$\pm \Delta E_\gamma / \text{кэВ}$	I_γ	$\pm \Delta I_\gamma$
82,64	0,07	105	11	1367,3	0,6	1,6	0,3
213,45	0,06	100	10	1432,9	0,6	2,2	0,4
296,12	0,05	210	25	1460,8	0,6	1,3	0,3
324,9	0,2	6	0,7	1538,9	0,4	7,6	1
484,3	0,3	12,6	2	1646,0	0,8	1,4	0,3
511		315	50	1678,9	0,6	3,3	0,5
538,2	0,2	62	7	1707,4	0,8	0,6	0,2
593,1	0,3	2,5	0,5	1751,9	0,6	3,6	0,6
613,8	0,2	13,7	2	1755	2	0,7	0,3
620,9	0,2	12	2	1784	1	0,7	0,2
697,5	0,2	10,5	1,5	1845	2	0,6	0,3
720,6	0,8	3,5	1,5	1860	2	0,8	0,3
724,4	0,6	3	1,5	1867	2	1,3	0,5
747	1	1	0,6	1937	2	0,6	0,2
806,9	0,2	9	1,5	1951	1	1,4	0,4
934,1	0,2	6	1	1973	1	1,7	0,3
1016,9	0,2	5,1	0,7	2020	1	0,7	0,2
1107	1	0,7	0,3	2084	2	1	0,5
1131,0	0,6	1,3	0,3	2107	2	1,4	0,7
1143	2	0,3	0,2	2322	3	2,2	1
1214,2	0,8	1	0,3	2356	3	0,6	0,3
1284,6	0,8	1	0,3				

Основные затруднения, возникающие при построении схемы распада ^{135}Pr , были связаны с противоречивостью выводов в работах ^{/2,4/} о разрядке уровня 296,12 кэв ^{/2,4/}. Разрядка изомерного состояния ^{135}Ce и низкоэнергетическая часть схемы распада $^{135}\text{Pr} - ^{135}\text{Ce}$ изображены на рис. 6. При разрядке уровня с энергией 295,6 кэв (данные работы ^{/4/}) наблюдается отношение интенсивностей $I_{296}/I_{213} = 0,22$. При разрядке этого же уровня после его заселения β^+ -распадом ^{135}Pr наблюдается, однако, отношение $I_{296}/I_{213} = 1,9$ ^{/2/}. Авторы ^{/4/} считали, что гамма-переход с энергией 297,0 кэв ^{/2/} и наблюдаемый ими гамма-переход с энергией 295,6 кэв не идентичны, что только гамма-переход с энергией 295,5 кэв является прямым переходом каскада 212,7 и 82,5 кэв и что гамма-переход с энергией 297,0 кэв следует разместить в другом месте схемы распада ^{135}Pr . Это утверждение противоречит, однако, энергетическому балансу, сделанному на основе весьма точных измерений энергий этих гамма-переходов в данной работе. В пределах погрешностей сумма энергий каскадных гамма-переходов равняется 296,12 кэв (см. рис. 6).

Сложившаяся ситуация объясняется на основе результатов измерений гамма-гамма-совпадений в данной работе. На рис. 7 сопоставлены высокоэнергетические участки спектров совпадений для гамма-переходов с энергиями 213,5 и 296,1 кэв. Как видно, наблюдаются гамма-гамма-совпадения для переходов с энергиями 213,5 и 720,6 кэв, в то время как переходы с энергиями 296,1 и 720,6 кэв не совпадают. Следовательно, переходы с энергиями 213,5 и 296,1 кэв не могут идти с одного уровня. Поэтому можно предполагать, что имеется два уровня с энергией приблизительно 296,12 кэв, отличающихся по энергии меньше чем на 100 эв. При разрядке изомерного состояния ^{135m}Ce , по-видимому,

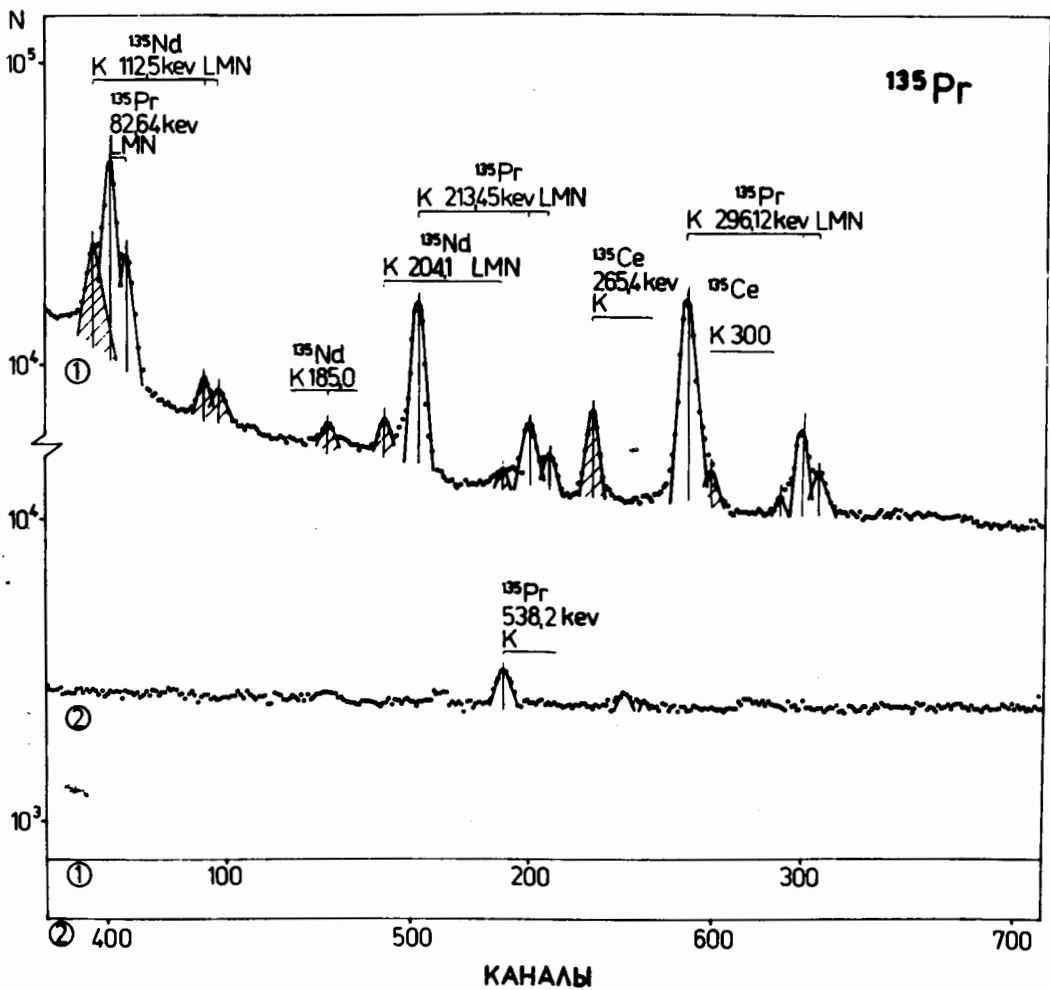


Рис. 2. Спектр конверсионных электронов, возникающий при распаде $^{135}\text{Pr} \rightarrow ^{135}\text{Ce}$, измеренный при помощи $\text{Si}(\text{Li})$ -детектора с чувствительным слоем толщиной 1 мм (^{135}Nd присутствовал как примесь в источниках).

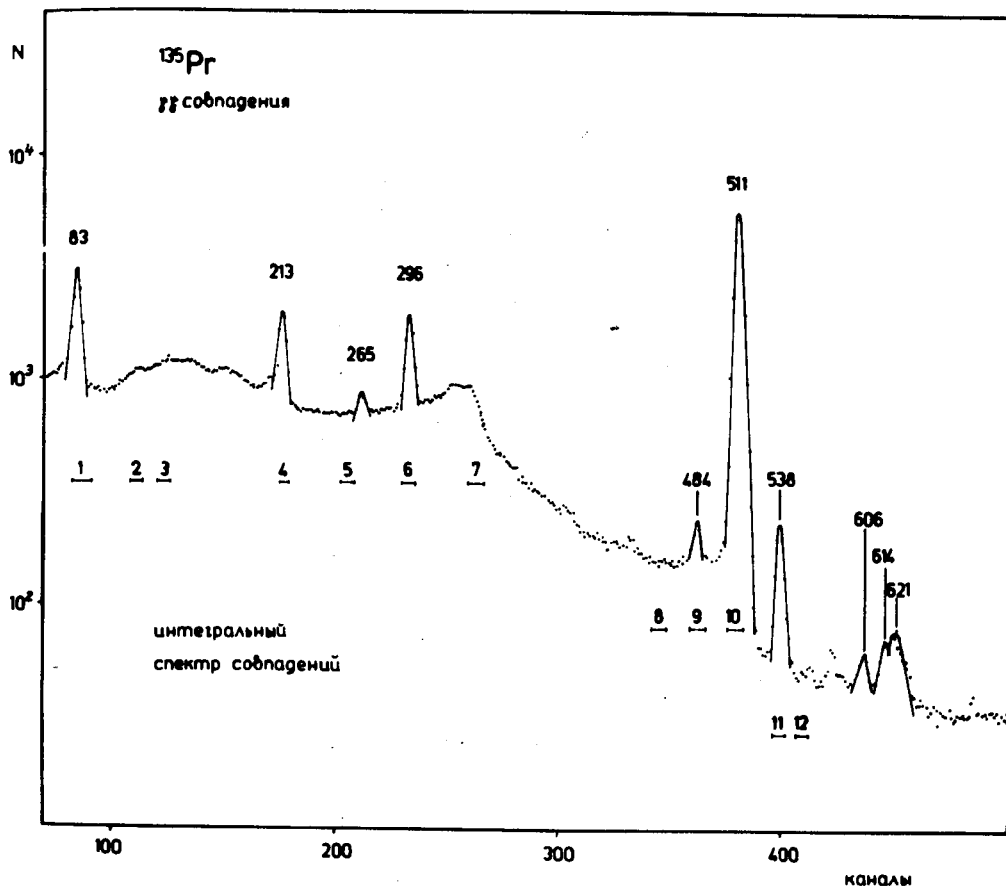


Рис. 3. Интегральный спектр гамма-гамма-совпадений распада $^{135}\text{Pr} \rightarrow ^{135}\text{Ce}$. В соответствующих местах указаны положения 12 окон, по которым были измерены одновременно 12 1024 - канальных спектров совпадений.

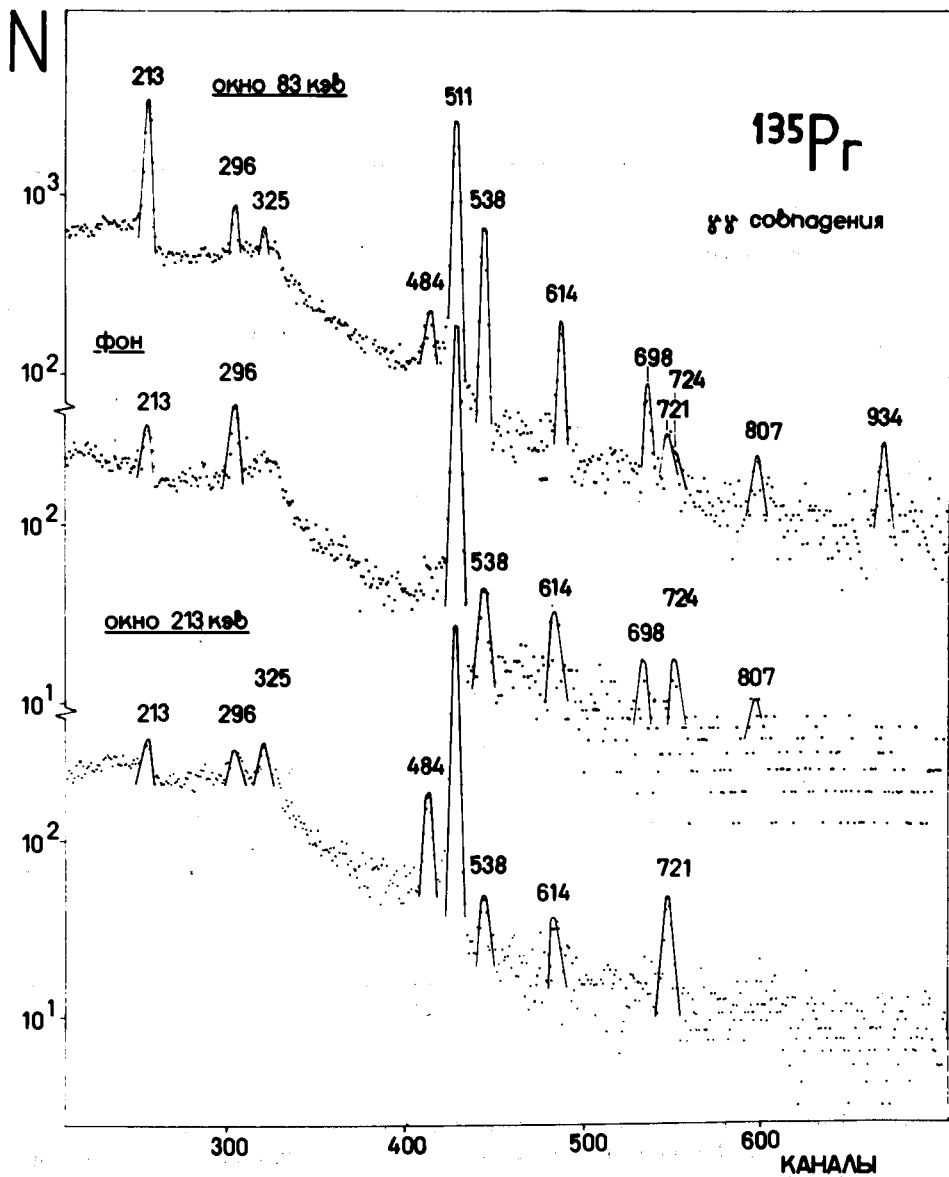


Рис. 4. Низкоэнергетические участки спектров гамма-гамма-совпадений при выборке энергетических окон № 1, 3 и 4, т.е. при $E_\gamma - 83$ кэВ, фон и 213 кэВ.

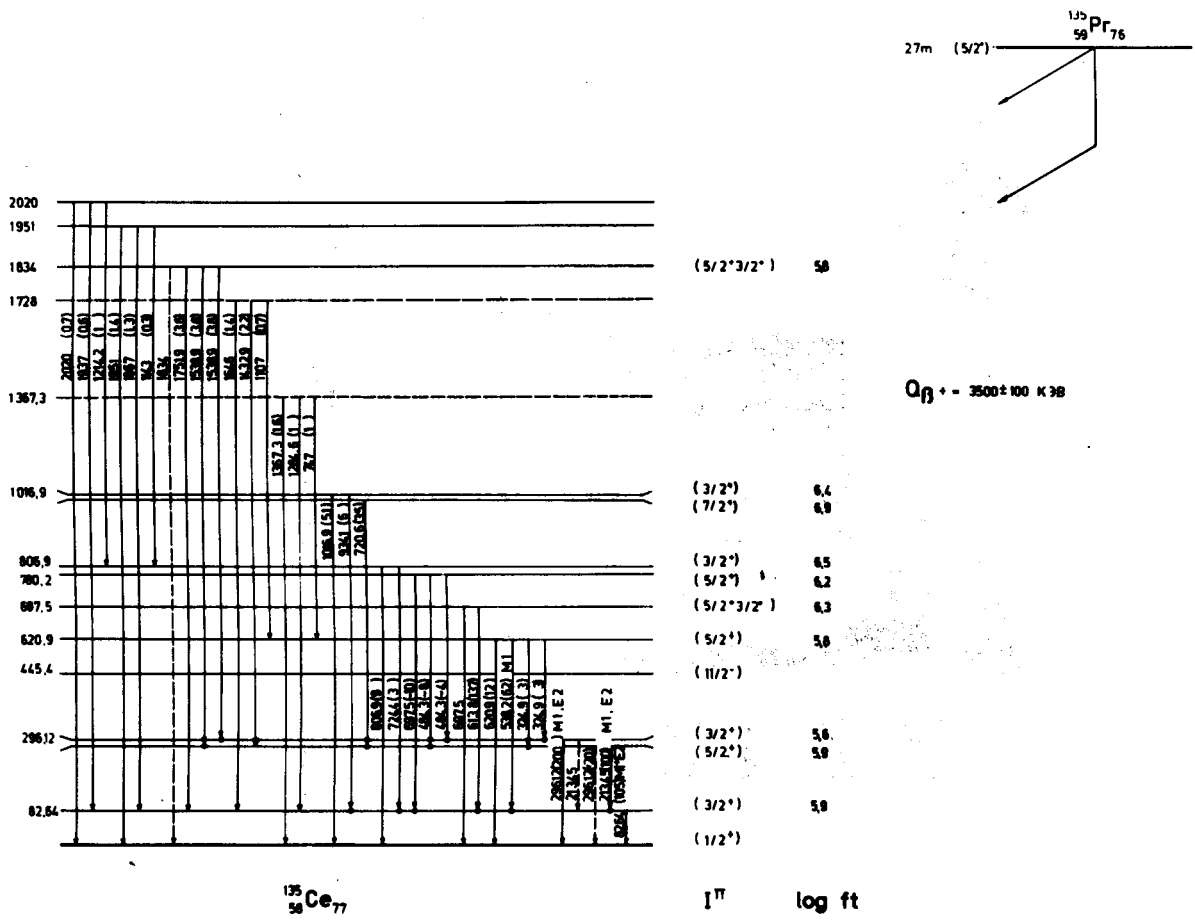


Рис. 5. Схема распада $^{135}_{59}\text{Pr}_{76} \rightarrow ^{135}_{58}\text{Ce}_{77}$.

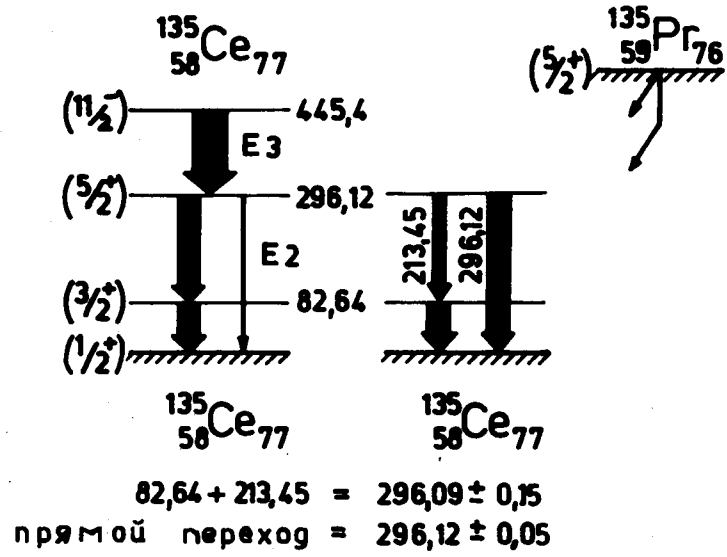


Рис. 6. Сопоставление схемы разрядки изомерного состояния ^{135m}Ce и низкоэнергетической части схемы распада $^{135}\text{Pr} \rightarrow ^{135}\text{Ce}$.

Таблица 2

Коэффициенты внутренней конверсии α_k для некоторых гамма-переходов в ядре ^{135}Ce , полученные при одновременных измерениях гамма-спектра и спектра конверсионных электронов

E_γ / кэВ	α_k	Мультипольность
213,45	$(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-1}$	$M1, E2$
296,12	$(5,0 \pm 1,5) \cdot 10^{-2}$	$M1, E2$
538,2	$(1,1 \pm 0,4) \cdot 10^{-2}$	$M1$

возбуждается только один из них, разряжающийся интенсивным каскадным переходом и относительно слабым переходом в основное состояние. А при β^+ -распаде ^{135}Pr заселяются оба уровня, причем второй уровень разряжается интенсивным переходом в основное состояние ^{135}Ce и относительно слабым каскадным переходом. Вышележащие уровни при энергии 620,9; 697,5; 780,2; 806,9; 1016 и 1834,0 кэВ введены на основе результатов измерений гамма-гамма-совпадений и балансов энергий и интенсивностей гамма-переходов; уровни с энергиями 1367,5; 1728; 1951 и 2020 кэВ введены только на основе балансов энергий и интенсивностей гамма-переходов.

Для спина и четности основного и первого возбужденного состояний ^{135}Ce можно предполагать значения $I^\pi = 1/2^+$ и $3/2^+$, соответственно. В пользу такого предположения имеются два довода: 1. При распаде $^{135}\text{Ce} \rightarrow ^{135}\text{La}$ не наблюдается разрешенный бета-переход на основное состояние ^{135}La , имеющий характеристики $I^\pi = 5/2^+ / 12/$. 2. Во всех ядрах с $67 \leq N \leq 81$ и четным числом протонов Z основное и первое возбужденное состояния характеризуются значениями $I^\pi = 1/2^+$ и $3/2^+$. Энергетическое расстояние этих уровней строго зависит от числа протонов Z . На этой основе можно предсказывать для основного и первого возбужденного состояний ^{135}Ce значения $I^\pi = 1/2^+$ и $3/2^+$, соответственно. Это предсказание находится в хорошем согласии с экспериментальными данными. Для спина и четности основного состояния ^{135}Pr можно ожидать значения $5/2^+$, для первого возбужденного состояния $7/2^+$. В соседних изотопах празеодима с $N \leq 82$, т.е. в ядрах $^{141}_{59}\text{Pr}_{82}$, $^{139}_{59}\text{Pr}_{80}$ и $^{137}_{59}\text{Pr}_{78}$ энергетическое расстояние между основным с $I^\pi = 5/2^+$ и первым возбужденным состоянием с $I^\pi = 7/2^+$ составляет 145, 114 и 75 кэВ, соответственно. Несмотря на то, что расстояние между этими уровнями с $I^\pi = 5/2^+$ и $7/2^+$ сокращается

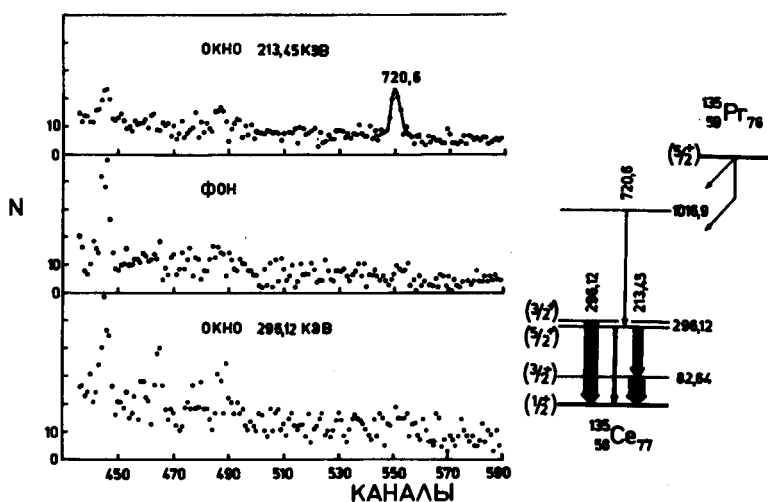


Рис. 7. Высокоэнергетические участки спектров гамма-гамма-совпадений для переходов с $E_\gamma = 213,5$ и $296,1$ кэВ. Фрагмент схемы распада $^{135}\text{Pr} \rightarrow ^{135}\text{Ce}$.

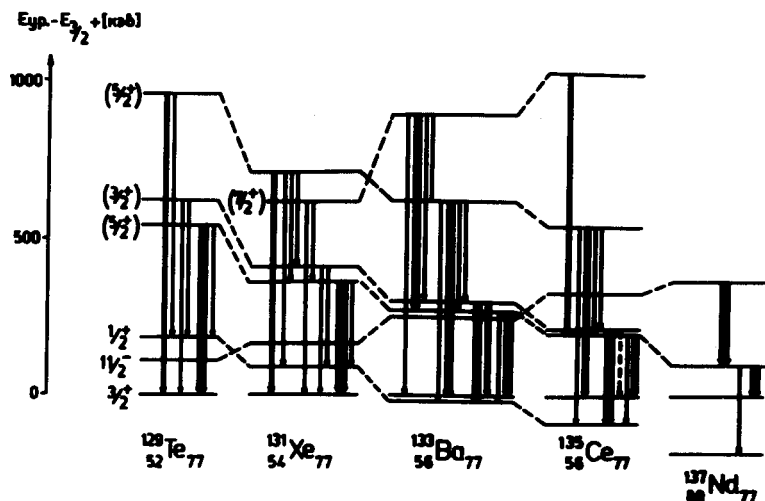


Рис. 8. Систематика энергии первых возбужденных состояний в ядрах с $N=77$, Z -четное.

с уменьшением числа нейтронов и, возможно, для легких изотопов празеодима эти уровни пересекаются, основное состояние ^{135}Pr , очевидно, имеет спин $1^\pi = 5/2^+$. Это предположение подтверждается малым значением величины $\log ft$ бета-распада на первый возбужденный уровень ^{135}Ce при энергии 82,64 кэВ с $1^\pi = 3/2^+$.

Для спина и четности одного из очень близко расположенных уровней при энергии 296,12 кэВ в согласии с данными по разрядке изомера $^{135}\text{Ce}^{14/}$ и с нашими значениями интенсивности заселения его при β^+ -распаде ^{135}Pr можно ожидать значения $1^\pi = 5/2^+$. Для спина и четности другого из этих двух уровней можно предполагать значения $1^\pi = 3/2^+$. В пользу такого предположения говорят как интенсивный гамма-переход на основное состояние, так и малое значение величины $\log ft = 5,8$ β^+ -перехода на этот уровень.

В пользу характеристик $1^\pi = 5/2^+$ для возбужденного уровня при энергии 620,9 кэВ говорят следующие факты: 1) значение величины $\log ft$, равное 5,8; 2) интенсивный $M1$ -переход с этого состояния на уровень с энергией 82,64 кэВ с $1^\pi = 3/2^+$; 3) отсутствие $E2$ -перехода в основное состояние.

Остальные значения 1^π , предложенные нами в схеме распада на рис. 5, основаны на значениях величины $\log ft$ β^+ -переходов на эти уровни и на баланс интенсивностей гамма-переходов.

6. Обсуждение результатов

Приведенная на рис. 8 систематика уровней изотопов с $N = 77$ и четным числом протонов показывает плавный ход изменения энергии низлежащих возбужденных уровней в зависимости от числа протонов. По свойствам разрядки этих уровней можно сделать вывод, что природа этих состояний одинакова.

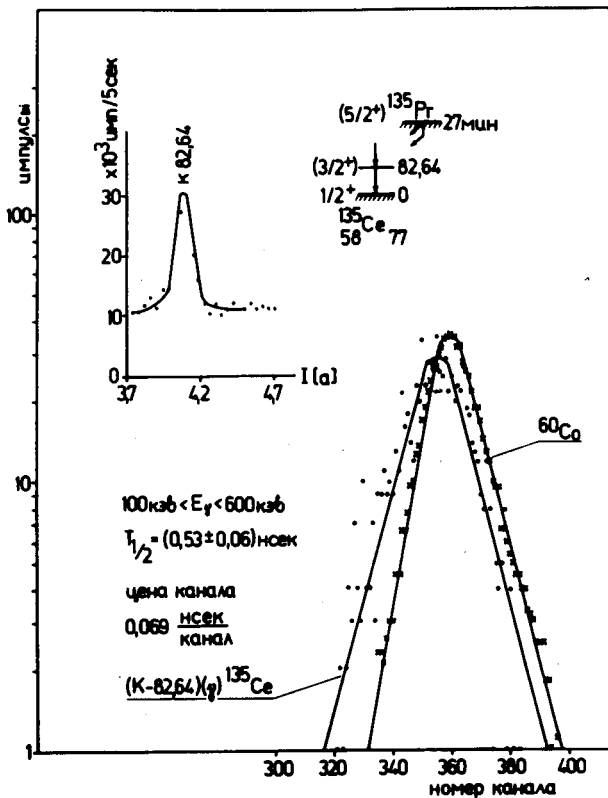


Рис. 9. Кривая распада уровня 82,64 кэв в ядре ¹³⁵Ce. (Кривая мгновенных совпадений нормирована к площади кривой задержанных совпадений. Коэффициент нормировки K = 167).

Результаты измерений спектров гамма-гамма-совпадений при распаде $^{135}\text{Pr} \rightarrow ^{135}\text{Ce}$

E_{γ} (кэВ) ОКНО	E_{γ} (кэВ) совпадения		E_{γ} (кэВ)	E_{γ} (кэВ)	E_{γ} (кэВ)						
82,64	213,45	324,9	484,3	511	538,2	613,8	975,5	720,6	724,4	934,1	1538,9
213,45	324,9	484,3	511	720,6	1538,9						
296,12	324,9	484,3	1538,9								
511	213,45	296,12	538,2	593,1	613,8	697,5	720,6	806,9			

20

В рамках модели оболочек предсказываются при низких энергиях возбуждения для ядер с $N=77$ и четным Z три состояния с $1^{\pi} = 3/2^{+}$, $1/2^{+}$ и $11/2^{+}$. Есть, однако, еще ряд других уровней с $1^{\pi} = 3/2^{+}$, $5/2^{+}$ и $7/2^{+}$, появление которых нельзя объяснить в рамках модели оболочек. В ядрах $^{129}_{52}\text{Te}_{77}$, $^{131}_{54}\text{Xe}_{77}$ и $^{133}_{56}\text{Ba}_{77}$ появление этих уровней объясняется учетом взаимодействия неспаренного нейтрона с квадрупольными колебаниями остова ядра в рамках модели Кисслингера и Соренсена, учитывающей парные и квадрупольные силы /14/. Эта модель дает хорошее согласие с экспериментом для ядер, расположенных в районе замкнутой оболочки $Z = 50$, $N = 82$. Ядро ^{135}Ce расположено, по-видимому, далеко от границ применимости этой модели.

Другой характер природы уровней ^{135}Ce , в отличие от соседних ядер с меньшим числом Z , проявляется и в свойствах бета-распада $^{135}\text{Pr} \rightarrow ^{135}\text{Ce}$. Это различие видно из рассмотрения таблицы 4, где приведены значения $\log ft$ для ряда ядер. Бета-распад $^{135}\text{Pr} \rightarrow ^{135}\text{Ce}$ идет не на один уровень в дочернем ядре, а на четыре. Наблюдающиеся значения вероятностей бета-переходов ($\log ft < 6$) при распаде ^{135}Pr на ряд состояний ^{135}Ce с $1^{\pi} = 3/2^{+}$, $5/2^{+}$ (в предположении перехода типа $p d_{3/2} \rightarrow n d_{3/2}$) можно объяснить заметными примесями фоновых компонент как к основному состоянию ^{135}Pr , так и к рассматриваемым возбужденным состояниям ^{135}Ce .

7. Измерение времени жизни уровня 82,64 кэВ в ядре ^{135}Ce

На многоканальном временном анализаторе, созданном на базе магнитно-линзового бета-спектрометра /15/, измерено время жизни уровня 82,64 кэВ в ядре ^{135}Ce .

Период полураспада уровня 82,64 кэВ в ^{135}Ce был измерен в совпадениях конверсионных электронов К-82,64 кэВ с гамма-лучами с

$E_\gamma = 100-900$ кэВ. Период полураспада уровня определен по экспоненциальному спаду кривой задержанных совпадений методом наименьших квадратов: $T_{1/2} = (0,53 \pm 0,06)$ нсек. Временной спектр измерений представлен на рис. 9, где приводится также кривая мгновенных совпадений $\beta^- - \gamma$, измеренная на источнике ^{60}Co .

Анализ полученных экспериментальных результатов представлен в таблице 5. В этой же таблице приведены также известные данные по изотопам ^{131}Xe и ^{133}Ba .

Как видно из таблицы, рассмотренный переход с энергией 82,84 кэВ в ядре ^{135}Ce хорошо укладывается в систематику нейтронных l -запрещенных $M1$ -переходов типа $2d_{3/2} \rightarrow 3s_{1/2}$. Следует отметить слабую зависимость матричного элемента M^2 $M1$ -переходов в изотопах $N=77$ от изменения Z . Это, очевидно, связано с тем, что переход $2d_{3/2} \rightarrow 3s_{1/2}$ идет в нейтронной оболочке.

Авторы выражают благодарность В.И. Райко за поддержку работы, А. Пиотровскому и В.А. Быстрову за помощь при экспериментах, коллективу измерительного центра ЛЯП за обеспечение аналитической техникой и Б.П. Осипенко за предоставление Si(Li) -детекторов. Кроме того авторы благодарны Л.К. Пекеру за ценные обсуждения результатов.

Литература

1. T.N. Handley, E. Olsen. Phys. Rev., 96, 6 (1954), 1003.
2. А.А. Абдуразаков, Р. Арлыт, Г. Байер, В.А. Морозов, Г. Музиоль, Х. Тыррофф, Х. Штрусный. Изв. АН СССР, сер. физ., 34, 798 (1970).
3. A.R. Brosi, B.H. Ketelle. ORNL-3988 (1963).
4. Ch. Droste, W. Neubert, J. Lewitowicz, S. Chojnacki, T. Morek, Z. Wilhelmi, K.F. Alexander. Nucl. Phys., A152, (1970), 579.

5. G.J.Beyer, H.Grosse-Ruyken, V.A.Khalkin, G.Pfeffer. J. Inorg.Nucl.Chem., 31, (1969), 2135.
6. Г. Музиоль, В.И. Райко, Х. Тыррофф. Препринт ОИЯИ, Р6-4487, Дубна, 1969.
7. G.J.Beyer, E.Herrmann, A.Piotrowski, V.J.Raiko, H.Tyroff. Nucl.Instr. and Meth., 96, 437 (1971).
8. А.Т. Василенко, И. Махунка, З. Матэ, Й. Надь, В.М. Сороко, Н.С. Станчева, С.М. Станчев, В.А. Уткин, Т. Фенеш. Препринт ОИЯИ, Р6-5888, Дубна, 1971.
9. В.С. Александров, Ф. Дуда, О.И. Елизаров, Г.П. Жуков, Г.И. Забиякин, З. Зайдлер, И. Звольски, Е.Т. Кондрат, З.В. Лысенко, В.И. Приходько, В.Г. Тишин, В.И. Фоминых. М.И. Фоминых. Изв. АН СССР, сер. физ., 34, №1, стр. 69.
10. В.С. Бутцев, Ц. Вылов, В.Г. Калининков, Н.А. Тихонов. Препринт ОИЯИ, Р6-5873, Дубна, 1971.
11. Р. Арльт, Г. Винтер, С.В. Медведь, Г. Музиоль, А.Н. Синаев, З.А. Усманова, Д. Фромм, Н.А. Чистов, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ, Р6-6227 (1972).
12. Abdul Malek, R.A.Naumann. Phys.Rev., 166, (1968), 1194.
13. Р. Арльт, Г. Байер, Г. Музиоль, Л.К. Пекер, Г. Пфеппер, Х. Штрусный. Изв. АН СССР, сер. физ., 34, 1970, 409.
14. L.S.Kisslinger, R.A.Sorensen. Rev.Mod.Phys., 35 (1963) 853.
15. В.А. Морозов, Т.М. Муминов. ПТЭ, 2, 53, 1970.
16. G.J.Perlow, Phys.Rev., 135, В, (1964), 1102.
17. J.E.Than, S.Tornkvist, F.Falk, H.Snellman. Nucl.Phys., 67, (1965), 625.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 января 1972 года.

Таблица 4

Характеристики

β -распада с низким значением $\log ft < 6$
 при распаде $^{135}\text{Pr} \rightarrow ^{135}\text{Ce}$ и соседних ядер с
 $Z = 59, 57, 55$

Распад	I_i^{π}	I_f^{π}	$\log ft$
$^{131}_{55}\text{Ce}_{76} - ^{131}_{54}\text{Xe}_{77}$	$5/2^+$	$3/2^+$	5,6
$^{133}_{57}\text{La}_{76} - ^{133}_{56}\text{Ba}_{77}$	$5/2^+$	$3/2^+$	5,6
$^{139}_{59}\text{Pr}_{80} - ^{139}_{58}\text{Ce}_{81}$	$5/2^+$	$3/2^+$	5,6
$^{137}_{59}\text{Pr}_{78} - ^{137}_{58}\text{Ce}_{79}$	$5/2^+$	$1/2^+$	4,9
$^{135}_{59}\text{Pr}_{76} - ^{135}_{58}\text{Ce}_{77}$	$5/2^+$	$(3/2^+)$	5,9
	$5/2^+$	$(5/2^+)$	5,9
	$5/2^+$	$(3/2^+)$	5,6
	$5/2^+$	$(5/2^+)$	5,8

Таблица 5

Нейтронные М1-переходы типа $2d_{3/2} \rightleftharpoons 3s_{1/2}$

в изотопах $N = 77$

Ядро	E_x кэВ	$I_i^{\pi} \rightarrow I_f^{\pi}$	$T_{1/2}$ нсек	$f = T_{1/2}^{\beta} / T_{1/2}^{\gamma}$	ω^2
$^{131}_{54}\text{Xe}_{77} / 16/$	80,2	$1/2^+ \rightarrow 3/2^+$	$0,504 \pm 0,017$	38	$0,50 \pm 0,02$
$^{133}_{56}\text{Ba}_{77} / 17/$	12,3	$3/2^+ \rightarrow 1/2^+$	$8,1 \pm 2,0$	65	$0,39 \pm 0,12$
$^{135}_{58}\text{Ce}_{77}$	82,6	$3/2^+ \rightarrow 1/2^+$	$0,53 \pm 0,06$	26	$0,64 \pm 0,08$