

10/0-71

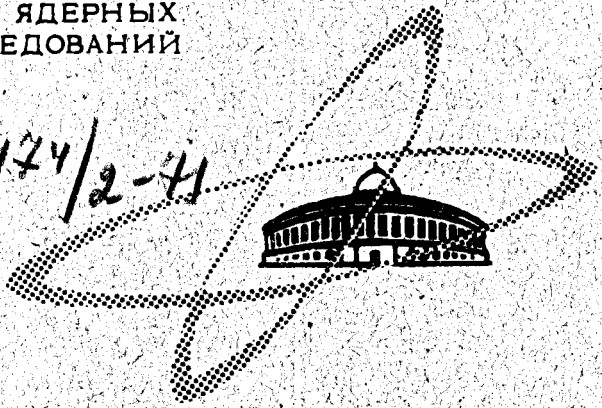
Б-936

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P 6-5673

1474/2-71



В.С. Бутцев, Ц. Вылов, В.Г. Калинин,
Н.А. Тихонов, Э. Херрманн

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

О РАСПАДЕ ¹³⁹Nd

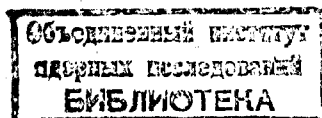
1971

P6-5673

В.С. Бутцев, Ц. Вылов, В.Г. Калинин,
Н.А. Тихонов, Э. Херрманн

О РАСПАДЕ ^{139}Nd

Направлено в Изв. АН СССР (сер. физ.)



Введение

Исследуемые в работе ядра изотопов Nd, Pr и Ce с нечётным A (≈ 140) имеют число нейтронов, близкое к "магическому" $N = 82$. Структура "магических" ядер данной области, таких как ${}_{57}^{139}\text{La}_{82}$, ${}_{59}^{141}\text{Pr}_{82}$, качественно неплохо описывается некоторыми конкретными моделями ^{/1,2/}. Их уровни с $E \leq 2$ Мэв рассматриваются как возбужденные состояния протонной системы ядра.

В изучавшихся нами ядрах нужно ожидать, помимо состояний отмеченного типа, также уровни, обязанные возбуждению и нейтронной системы ядра. В связи с этим ядро ${}^{139}\text{Pr}$ представляется интересным с точки зрения идентификации в нем протонных и нейтронных уровней, а также коллективных возбуждений типа колебаний чётно-чётного остова плюс одночастичное состояние неспаренного нуклона.

Осуществлению этой работы способствовало то обстоятельство, что материнское ядро ${}^{139}\text{Nd}$ имеет два долгоживущих состояния с различными спинами и чётностями, β -распад которых приводит к возбуждению уровней ${}^{139}\text{Pr}$ различной природы.

Хотя исследованию распада ${}^{139}\text{Nd}$ посвящен ряд работ ^{/3-7/}, в которых изучались γ -лучи, позитроны, наиболее интенсивные конверсионные электроны, γ - γ -совпадения, времена жизни некоторых состояний

^{139}Pr , тем не менее некоторые вопросы оставались невыясненными. Во-первых, существовали некоторые затруднения в идентификации γ -переходов $^{139\text{m}}\text{Nd}$ (5,53 час), поскольку в исследованных препаратах присутствовал также изотоп с близким периодом ^{138}Nd (5,2 час). Во-вторых, не был известен мультипольный состав гамма-излучения, что не позволяло приписать возбужденным состояниям ^{139}Pr квантовые характеристики. В-третьих, отсутствовали достоверные данные о β^+ -излучении, необходимые для конструирования схемы распада. Наконец, представлялось интересным более подробное рассмотрение M4-изомерии в данной области ядер.

Настоящая работа была предпринята для решения перечисленных задач.

1. Условия эксперимента

Радиоактивные ядра ^{139}Nd получались в реакции глубокого отщепления при облучении гадолиниевой мишени на внутреннем пучке протонов синхроциклотрона ($E_p = 660$ Мэв, ток 2мкА). Из облученной в течение двух часов мишени (вес 2 г) хроматографическими методами ^{/8/} выделялась фракция неодима. Затем производилось разделение фракции по изобарам на электромагнитном масс-сепараторе ^{/9/}.

Препараты $^{139\text{g}}\text{Nd}$ получались двумя способами. В одном из них изомеры $^{139\text{m,g}}\text{Nd}$ разделялись по эффекту Сцилларда-Чалмерса с использованием комплекса с диэтилтриаминпентауксусной кислотой (ДТРА) ^{/10/}. В другом - проводилось короткое облучение (≈ 15 мин) мишени $(\text{NH}_4) [\text{Gd}(\text{ДТРА})]$ весом 1,5 г на выведенном протонном пучке. Быстрое радиохимическое разделение облученной мишени производилось по методике, подробно описанной в работе ^{/11/}. Химически чистая фракция Nd разделялась по изобарам на масс-сепараторе установки ЯСНАПП ^{/12/}. Измерения γ -спектров выделенных препаратов начинались через ≈ 30 мин после конца облучения.

Для исследования электронов внутренней конверсии и β^+ -излучения $^{139m,g}\text{Nd}$ источники готовились из фракции.

Спектры гамма-излучения измерялись на полупроводниковом Ge(Li) -спектрометре. Нами были использованы два Ge(Li) -детектора коаксиального типа с чувствительными объемами 10 и 30 см³ и с разрешающей способностью, соответственно, 3,5 и 5,0 кэВ при $E_\gamma \approx 1$ МэВ. Конверсионные электроны и β^+ -излучение изучались на магнитных бета-спектрометрах типа $\pi\sqrt{2}$ и $2\pi\sqrt{2}$ с приборной разрешающей способностью 0,12 и 0,20%. Источники для них готовились электролитическим способом на подложке шириной 0,5 мм и толщиной 5 мка.

2. Экспериментальные результаты

Полученные нами сведения о гамма-лучах и электронах внутренней конверсии $^{139m,g}\text{Nd}$ приведены в таблицах 1 и 2. Для иллюстрации на рис. 1 и 2 представлены гамма-спектр ^{139m}Nd и участки гамма-спектра ^{139g}Nd . Отдельные конверсионные линии ^{139}Nd изображены на рис. 3.

Из соотношения интенсивностей L-линий перехода 113,88 кэВ и отношения $K : L_{I+II} : L_{III}$ перехода 231,15 кэВ установлен их мультипольный состав, что дало возможность определить коэффициенты внутренней конверсии (α_k) для большинства переходов ^{139m}Nd и сделать выводы о типах их мультипольностей.

С течением времени в источнике происходило накопление активности ^{139}Ce . Сравнивая интенсивности K-линий 165,84 кэВ ^{139}Ce (17% на распад) и 231,15 кэВ ^{139m}Nd , мы нашли полную интенсивность перехода 231,15 кэВ (14,3±1,4)%.

В гамма-спектре ^{139m}Nd проявились также наиболее сильные линии ^{139g}Nd . Это позволило нам определить интенсивности гамма-переходов ^{139g}Nd в % на распад.

Таблица I

Гамма-лучи и конверсионные электроны,
сопровождающие распад ^{139m}Nd (5,53 час)

E_γ , кэВ	J_γ отн	Обо- лочка	J_e отн	Δk эксп	Вывод о мультипольн.
92,91±0,07	2,9±0,6	K	190±20	1,45±0,43	MI; E2; MI+E2
101,20±0,10	0,50±0,15	K	35±7	1,53±0,73	MI; E2; MI+E2
113,87±0,05	113±13	K	4450±150	0,86±0,13	(97,4±0,3)%MI+
		L_1	685±25		+ (2,6±0,3)%E2
		L_2	73±7		
		L_{III}	42±4		
		M	119±6		
		N+0	24,0±2,5		
147,9±0,1	1,77±0,23	K	29±8	0,36±0,14	E2; MI; MI+E2; E2+MI
151,4±0,2	≤ 0,2	K	4,1±1,2	≥ 0,45	-
172,1±0,2	≤ 0,2	K	5,3±1,6		-
209,65±0,07	5,1±0,5	K	38±4	0,163±0,033	MI; MI+E2
214,6±0,1	1,4±0,2	K	6,0±1,3	(9,4±3,4)·10 ⁻²	E2; MI+E2
231,15±0,05	2,3±0,2	K	≅ 1000	≅ 9,5	M4
		L_1+L_2	251±21		
		L_{III}	141±17		
		M	96±16		
		N+0	29±4		
254,6±0,1	3,4±0,4	K	13±2	(8,35±2,50)·10 ⁻²	MI; E2; E2+MI
302,7±0,4	1,60±0,25	-	-	-	-
340,5±0,1	1,72±0,25	K	3,9±0,5	(4,9±1,2)·10 ⁻²	MI+(E2)
362,42±0,08	6,6±0,5	K	5,6±0,9	(1,85±0,50)·10 ⁻²	E2
403,75±0,08	6,8±0,6	K	10±1,5	(5,2±0,8)·10 ⁻²	MI

продолжение таблицы I

E_{γ} , кэВ	J_{γ} , отн.	Обо- лочка	J_{e^-} отн.	d_k эксп.	Вывод о мультипольн.
1	2	3	4	5	6
424,3±0,1	2,15±0,25	K	3,0±0,6	(3,0±1,0)·10 ⁻²	MI+(E2)
475,5±0,4	1,75±0,25	-	-	-	-
547,65±0,10	6,7±0,5	K	4,9±0,5	(1,53±0,38)·10 ⁻²	MI;(E3)
572,3±0,2	2,20±0,35	K	1,5±0,5	(1,5±0,75)·10 ⁻²	MI;(E3)
601,2±0,4	1,60±0,25	-	-	-	-
673,3±0,3	1,76±0,20	K	0,5±0,1	(6,2±2,0)·10 ⁻³	MI;E2;MI+E2
701,2±0,1	11,8±1,2	K	4,0±0,4	(7,4±1,5)·10 ⁻³	MI+(E2)
708,1±0,1	74,8±3,2	K	60±6	(1,75±0,25)·10 ⁻²	M2
		L	8,2±0,8		
		M+N	2,30±0,35		
738,2±0,2	≅ 100	K	18,8±1,9	(4,1±0,4)·10 ⁻³	E2+ < 45%MI
		L	2,2±0,25		
		M+N	0,50±0,08		
796,5±0,3	11,9±1,2	K	0,5±0,1	(9,2±3,0)·10 ⁻⁴	E1
802,0±0,3	19,8±2,0	K	2,4±0,3	(2,65±0,60)·10 ⁻³	E2+ < 15%MI
		L	0,30±0,08		
809,6±0,3	18,0±1,8	K	0,90±0,14	(1,05±0,25)·10 ⁻³	E1
		L	0,12±0,03		
822,1±0,3	4,9±0,6	K	1,23±0,24	(5,5±1,7)·10 ⁻³	E3
		L	0,17±0,04		
827,8±0,3	29,3±1,5	K	3,1±0,5	(2,3±0,5)·10 ⁻³	E2
		L	0,38±0,06		
852	≤ 0,5	-	-	-	-
894,8±0,4	1,00±0,16	K	0,25±0,07	(5,5±2,4)·10 ⁻³	MI(E3)
900,0±0,4	1,10±0,20	K	0,25±0,07	(5,0±2,3)·10 ⁻³	MI(E3)
910,1±0,3	21,6±1,1	K	2,40±0,30	(2,4±0,4)·10 ⁻³	E2+ < 45%MI
		L	0,30±0,06		
982,2±0,2	74,8±2,2	K	2,55±0,30	(7,4±1,1)·10 ⁻⁴	E1
		L	0,30±0,06		

продолжение таблицы I

1	2	3	4	5	6
I006,2±0,4	9,1±0,7	K	0,30±0,06	(7,2±2,0)·10 ⁻⁴	EI
I012,3±0,3	7,8±0,6	K	0,70±0,11	(1,96±0,46)·10 ⁻³	E2; (MI)
I024,9±0,4	4,3±0,3	K	0,15±0,03	(7,6±2,0)·10 ⁻⁴	EI
I075,2±0,3	9,9±0,7	K	0,27±0,05	(6,0±1,5)·10 ⁻⁴	EI
I105,3±0,3	7,7±0,6	K	0,45±0,09	(1,3±0,35)·10 ⁻³	E2+ ≤ 20%MI
II65,8±0,5	0,98±0,15	-	-	-	-
I219,6±0,4	4,7±0,5	K	0,15±0,04	(7,0±2,7)·10 ⁻⁴	EI
I226,7±0,4	3,8±0,4	K	0,30±0,08	(1,7±0,6)·10 ⁻³	MI; (MI+E2)
I234,6±0,5	1,2±0,2	K	0,07±0,02	(1,3±0,5)·10 ⁻³	E2; (E2+MI)
I245,7±0,5	0,82±0,18	K	0,04±0,015	(1,1±0,5)·10 ⁻³	E2+ ≤ 80%MI
I322,3±0,4	5,3±0,5	K	0,10±0,03	(4,1±1,8)·10 ⁻⁴	EI
I344,8±0,5	1,3±0,4	K	0,04±0,015	(6,7±4,7)·10 ⁻⁴	EI; (E2)
I364,8±0,5	0,95±0,15	-	≈ 0,03	≈ 6,9·10 ⁻⁴	EI; (E2)
I374,7±0,5	1,2±0,4	-	-	-	-
I463,6±0,5	0,9±0,3	-	-	-	-
I470,2±0,5	1,65±0,40	-	-	-	-
I510,5±0,5	0,40±0,15	-	-	-	-
I680,7±0,5	0,9±0,2	-	-	-	-
2060,9±0,3	13,6±1,4	K	0,12±0,02	(1,9±0,5)·10 ⁻⁴	EI
2085,0±0,7	0,15±0,06	-	-	-	-
220I,2±0,8	0,36±0,07	-	-	-	-

Таблица 2

Гамма-излучение и конверсионные электроны ^{139}Nd (29,6 мин)

E_{γ} (кэВ)	J_{γ} отн.	J_{e_k} *)	α_k эксп.	Тип мультипольности
113,88	$\leq 3,6$			
183,5 \pm 0,2	4,0 \pm 0,4	5,7 \pm 1,7	(4,5 \pm 1,8) $\cdot 10^{-1}$	M1, E2
220,9 \pm 0,3	0,4 \pm 0,1			
368,0 \pm 0,3	0,7 \pm 0,2			
405,0 \pm 0,1	$\approx 36,4$	2,9 \pm 0,5	(2,5 \pm 0,7) $\cdot 10^{-2}$	M1
411,5 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2			
475,5 \pm 0,3	6,9 \pm 0,6			
485,0 \pm 0,4	2,4 \pm 0,4			
511 (γ_{\pm})	$I_{\gamma} = 130 \pm 20$ **)			
588,8 \pm 0,3	4,2 \pm 0,6			
621,7 \pm 0,3	6,4 \pm 0,7			
669,0 \pm 0,3	8,0 \pm 1,0			
(696,2 \pm 0,3)	2,0 \pm 0,4			
916,9 \pm 0,3	8,0 \pm 0,8	$\approx 0,12$	$\approx 4,7 \cdot 10^{-3}$	M1, (E3)
923,4 \pm 0,3	7,0 \pm 0,7	$\approx 0,12$	$\approx 5,4 \cdot 10^{-3}$	M1, (E3)
1074,2 \pm 0,4	13,3 \pm 1,4			
1096,5 \pm 0,4	2,0 \pm 0,4			
1213,4 \pm 0,8	1,7 \pm 0,5			
1221,2 \pm 0,8	1,5 \pm 0,5			
(1233,3 \pm 0,8)	0,7 \pm 0,3			
1246,7 \pm 0,8	1,0 \pm 0,4			
1311,8 \pm 0,6	1,6 \pm 0,4			
1328,8 \pm 0,6	1,5 \pm 0,4			
1405,5 \pm 0,5	3,2 \pm 0,5			
1449 \pm 1	0,8 \pm 0,3			
1463,4 \pm 0,6	1,7 \pm 0,4			
1500,5 \pm 0,6	1,3 \pm 0,4			
1532 \pm 1	0,7 \pm 0,3			

*) Интенсивности электронов внутренней конверсии приведены в единицах таблицы I.

***) Интенсивность позитронов найдена из $J_{\gamma_{\pm}}$.

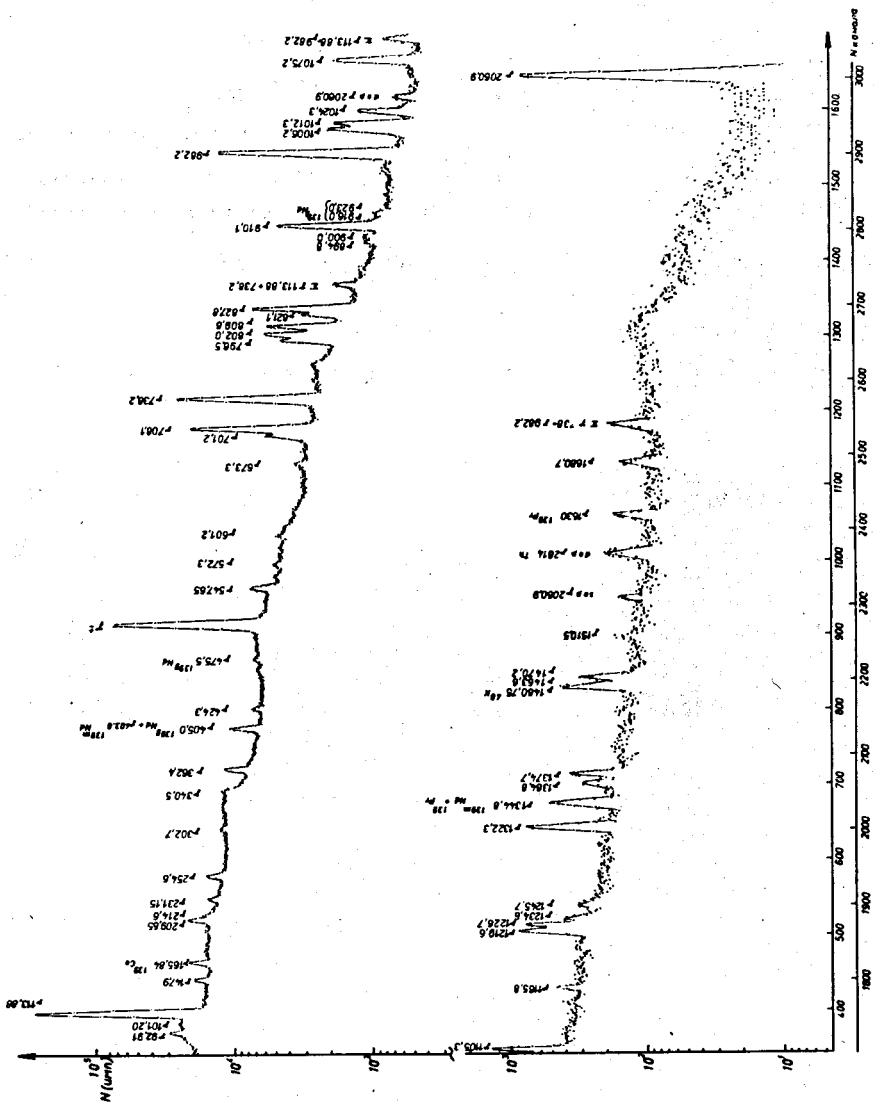


Рис. 1. Гамма-спектр ^{139m}Nd .

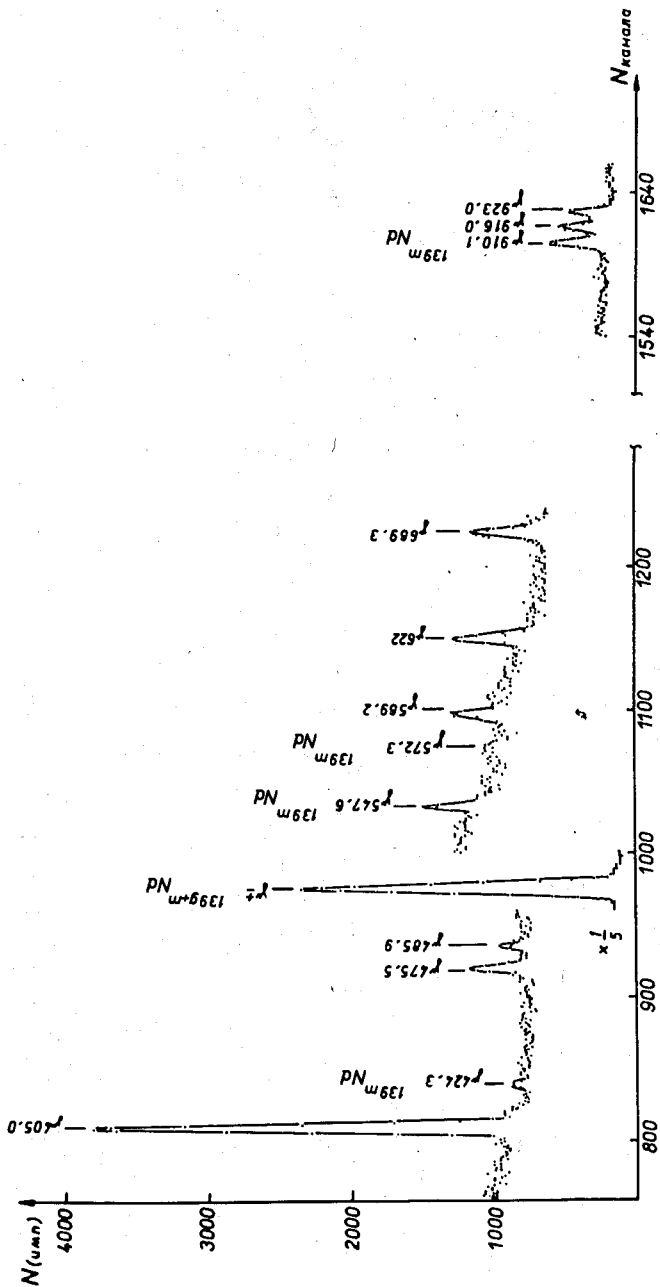


Рис. 2. Участки гамма-спектра ^{139m}Nd .

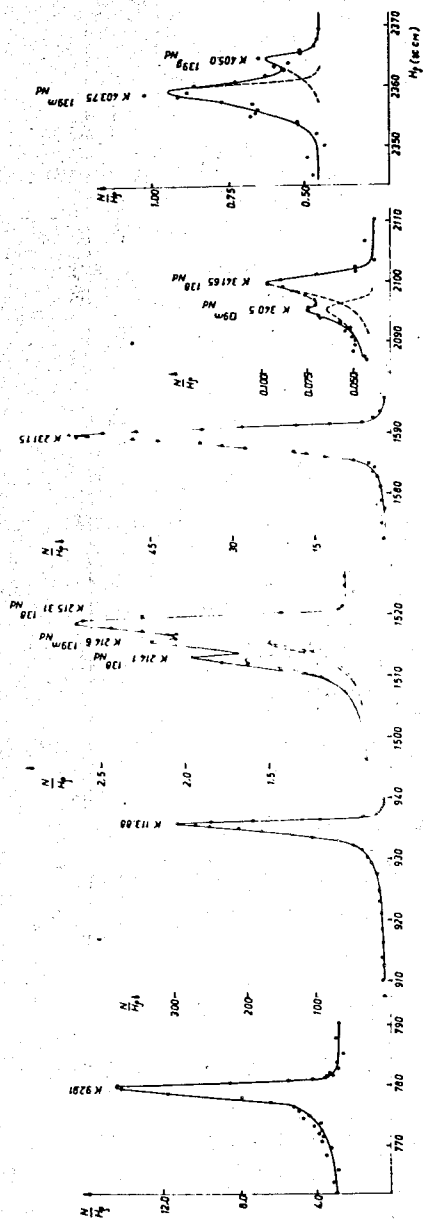


Рис. 3. Отдельные линии конверсионных электронов ^{139}Nd .

На рис. 4 показан график Кюри β^+ -спектра пятичасовой активности неодиима. Наряду с интенсивной компонентой 3415 кэв ^{138}Pr наблюдается компонента β^+ -спектра $^{139\text{m}}\text{Nd}$, имеющая $E_{\text{гр}} = 1170 \pm 50$ кэв с интенсивностью $\approx 2\%$ на распад. Более точно определить ее интенсивность на фоне β^+ -излучения $^{138\text{g}}\text{Pr}$ оказалось затруднительным. Кроме того не исключено, что в интенсивность этой компоненты дают вклад позитроны дочернего ядра ^{139}Pr ($T_{1/2} = 4,42 \pm 0,08$ час; $E_{\text{гр}} = 1090 \pm 15$ кэв /13/).

3. Схема распада ^{139}Nd

Экспериментальные данные о гамма-лучах, конверсионных электронах, позитронном излучении, а также γ - γ -совпадениях /6/ позволили нам предложить схему распада $^{139\text{m,g}}\text{Nd}$ (рис. 5). Ранее было известно /3/, что 5,5-часовое состояние ^{139}Nd высвечивается изомерным $M4$ -переходом в основное состояние. Интенсивность этого перехода мы установили равной $(14,3 \pm 1,4)\%$, а в остальных случаях $^{139\text{m}}\text{Nd}$ испытывает $\epsilon + \beta^+$ -распад. Знание интенсивностей гамма-излучения в % на распад дало возможность определить заселенность каждого уровня ^{139}Pr .

Из баланса интенсивностей видно, что среди уровней ^{139}Pr с энергией $< 1,5$ Мэв наиболее сильно (7,7%) возбуждается уровень 822,0 кэв. Поэтому мы предположили, что позитроны с $E_{\text{гр}} = 1170 \pm 50$ кэв заселяют данный уровень, чему не противоречит интенсивность этой компоненты ($J_{\beta^+} \approx 2\%$). В таком случае полная энергия распада $^{139\text{m}}\text{Nd} - ^{139}\text{Pr}$ равна $Q_{\beta^+ \text{эксп}} = 3014 \pm 50$ кэв. Такое значение находится в хорошем согласии с систематикой величин Q_{β^+} β^+ -переходов типа $d_{5/2} \rightarrow d_{3/2}$ для ядер-изотонов с $N = 79$ (рис. 6).

В предположении разрешенного характера вычислены $\log ft$ β -переходов $^{139\text{m}}\text{Nd}$. На основании величин $\log ft$, мультипольностей гамма-переходов и способов разрядки установлены квантовые характеристики возбужденных состояний ^{139}Pr .

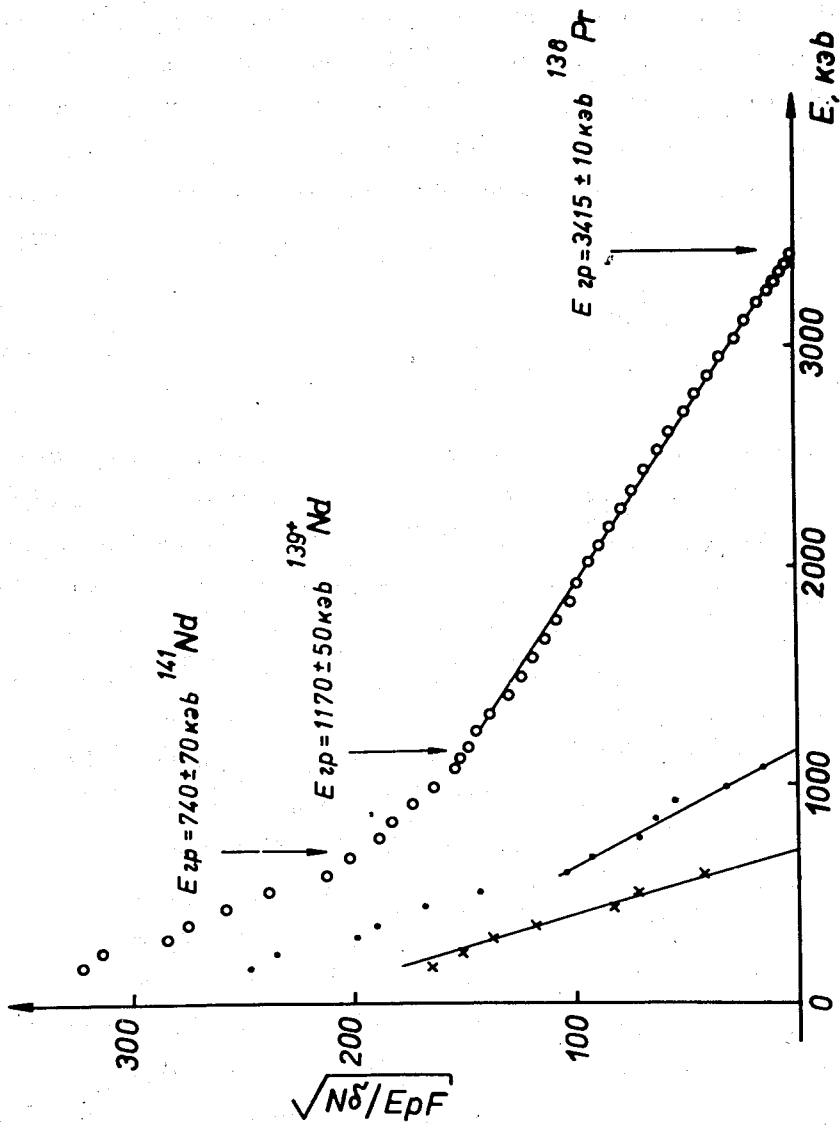


Рис. 4. График Кюри β^+ -спектра пятчасовой активности неодима.

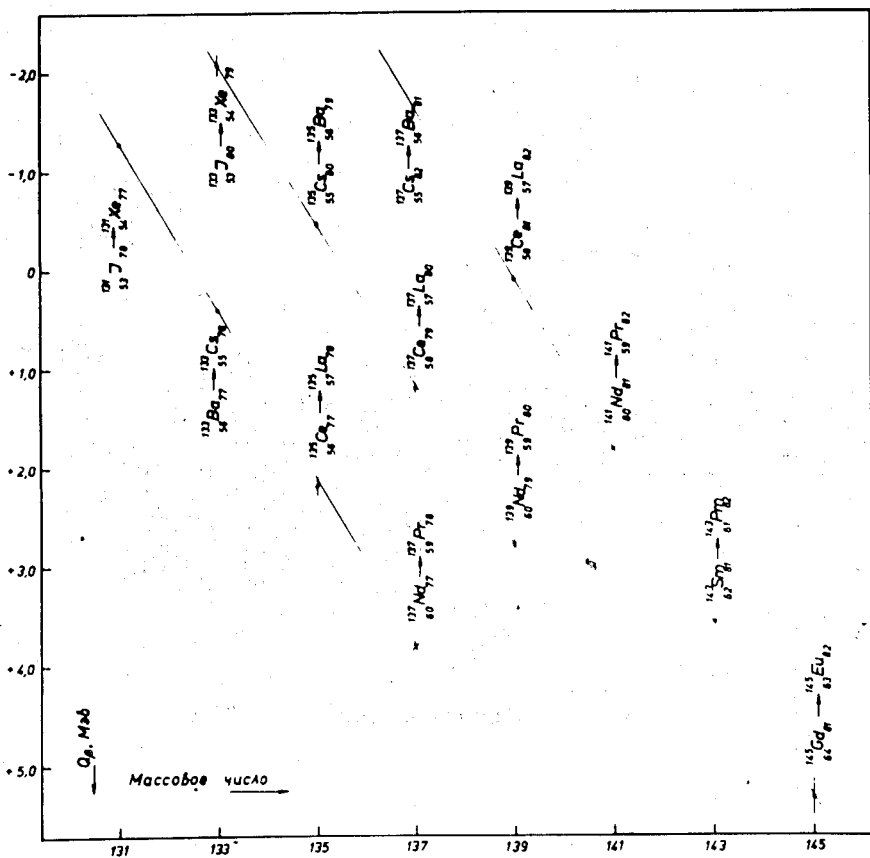


Рис. 6. Систематика энергий бета-переходов типа $d_{5/2} \rightarrow d_{3/2}$ для ядер-изотонов $N = 77, 79, 81$.

Предлагаемая нами схема распада ^{139g}Nd в основном совпадает со схемой, предложенной Бири и др. ^{1/6/}. Дополнительно мы ввели состояние 1532 кэв (предположительно). Более тщательно проведен баланс интенсивностей при распаде ^{139g}Nd и, в частности, определено отношение $(\epsilon/\beta^+)_{\text{эксп}} = 2,3 \pm 0,4$ для β^+ -перехода в основное состояние ^{139}Pr . По теории разрешенных переходов отношение $(\epsilon/\beta^+) = 2,6$. Для $\epsilon + \beta^+$ -переходов ^{139g}Nd вычислены $\log ft$. Для четырех гамма-переходов установлены типы мультипольности. Совокупность этих данных позволила приписать некоторым уровням ^{139}Pr квантовые характеристики (см. рис. 5).

5. Дискуссия

Квантовые характеристики изомерного ($11/2^-$) и основного состояний ^{139}Nd были установлены в ^{1/3/}. Они соответствуют одночастичным состояниям 79-го нейтрона $h_{11/2}$ и $d_{3/2}$. Такие состояния наблюдаются в ряде ядер-изотонов с $N = 79$: ^{131}Te , ^{131}Xe , ^{135}Ba , ^{137}Ce , ^{141}Sm . Приведенная вероятность $V(M4) = 5,56 \cdot 10^{-196} \text{e}^2 \text{см}^8$ для случая ^{139m}Nd очень близка к соответствующим величинам указанных ядер и примерно в 5 раз меньше $V(M4)$ одночаст.

Не вызывают сомнения квантовые характеристики основного состояния ^{139}Pr : $5/2$ ($d_{5/2}$). Свойства β -перехода между основными состояниями ^{139}Nd и ^{139}Pr ($\log ft$, Q_{β^+}) находятся в хорошем соответствии с систематикой данных о бета-переходах типа $d_{5/2} \rightarrow d_{3/2}$ (см. табл. 3 и рис. 6).

Согласно одночастичной модели оболочек, вблизи орбитали $d_{5/2}$ находится орбиталь $g_{7/2}$. По своим свойствам уровень 113,88 кэв в ^{139}Pr отождествляется с состоянием $g_{7/2}$. M1-компонента перехода 113,88 кэв оказывается заторможенной примерно в 400 раз, а E2-компонента ускорена в 20 раз, что согласуется с систематикой свойств

Таблица 3

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

Распад	Преобразование нуклонов	Q_{β} (кэВ)	$T_{1/2}$; $\log ft$
$^{143}_{63}\text{Eu}_{80} \rightarrow ^{143}_{62}\text{Sm}_{81}$	$\pi(d_{5/2}) \rightarrow \nu(d_{3/2})$	5000 ± 200	$2,3 \pm 0,2$ мин $\log ft = 5,1$
$^{141}_{61}\text{Pm}_{80} \rightarrow ^{141}_{60}\text{Nd}_{81}$	$\pi(d_{5/2}) \rightarrow \nu(d_{3/2})$	3620	22 ± 1 мин $\log ft = 5,4$
$^{139}_{59}\text{Pr}_{80} \rightarrow ^{139}_{58}\text{Ce}_{81}$	$\pi(d_{5/2}) \rightarrow \nu(d_{3/2})$	2110 ± 20	4,42 час $\log ft = 5,2$
$^{143}_{62}\text{Sm}_{81} \rightarrow ^{143}_{61}\text{Pm}_{82}$	$\pi(d_{5/2}) \rightarrow \nu(d_{3/2})^{-1}$	3520	8,6 мин $\log ft = 4,8$
$^{141}_{60}\text{Nd}_{81} \rightarrow ^{141}_{59}\text{Pr}_{82}$	$\pi(d_{5/2}) \rightarrow \nu(d_{3/2})^{-1}$	1810 ± 10	2,42 час $\log ft = 5,2$
$^{139}_{58}\text{Ce}_{81} \rightarrow ^{139}_{57}\text{La}_{82}$	$\pi(d_{5/2}) \rightarrow \nu(d_{3/2})^{-1}$	104	140 дн $\log ft = 5,3$
$^{139}_{60}\text{Nd}_{79} \rightarrow ^{139}_{59}\text{Pr}_{80}$	$\pi(d_{5/2}) \rightarrow \nu(d_{3/2})^{-1}$	2780 ± 50	29,8 мин $\log ft = 5,1$
$^{137}_{59}\text{Pr}_{78} \rightarrow ^{137}_{58}\text{Ce}_{79}$	$\pi(d_{5/2}) \rightarrow \nu(d_{3/2})$	2702 ± 10	76,6 мин $\log ft = 5,3$
$^{137}_{58}\text{Ce}_{79} \rightarrow ^{137}_{57}\text{La}_{80}$	$\pi(d_{5/2}) \rightarrow \nu(d_{3/2})^{-1}$	1190 ± 20	9,0 час $\log ft = 5,3$

ℓ -запрещенных M1-переходов типа $g_{7/2} \rightarrow d_{5/2}$ /14/. Расчёты, выполненные Кислингером и Соренсеном /15/ для E2-вероятностей таких переходов, не дают удовлетворительного согласия с экспериментальными результатами.

При распаде $^{139m,g}\text{Nd}$ возбуждается гораздо больше состояний, чем возможное число одночастичных состояний протонной системы. Поэтому надо предположить, что проявляются и более сложные типы возбуждения, например, разрыв пары нуклонов (при $E \geq 1,5$ Мэв), что может привести к образованию трехчастичных состояний, или коллективное движение чётно-нечётного остова ядра плюс одночастичное движение неспаренного нуклона.

Рассмотрим некоторые состояния ^{139}Pr . Прежде всего следует остановиться на свойствах уровня 822,0 кэв. Оказывается, что E3-переход 822,0 кэв ускорен: $B(E3)_{\text{exp}}/B(E3)_{\text{с.п.}} \approx 4$. M2-компонента 708,1 кэв заторможена примерно всего лишь в 35 раз. Можно предположить, что это состояние является членом мультиплета $[3^-] d_{5/2}$. Уровень такой же природы наблюдается в ядре $^{137}_{57}\text{La}_{80}$ /16/. Бета-переходы на эти состояния оказываются сильно заторможенными ($\log ft = 6,9$), что говорит в пользу такой интерпретации.

Также оказывается сильно заторможенным β -переход на уровень 405,0 кэв ($3/2^+$) ($\log ft = 6,4$). Не исключено, что при этой энергии реализуется одно из состояний мультиплета $[2^+] d_{5/2}$. Ближайшее состояние 588,8 кэв могло бы также относиться к указанному мультиплету (или к мультиплету $[2^+] g_{7/2}$). Появление состояний такой природы у ядер данной области ожидается, согласно расчётам Кислингера и Соренсена /15/.

Среди уровней ^{139}Pr в области энергий возбуждения $> 1,5$ Мэв наиболее характерным является уровень 1834,0 ($9/2^-$ или $11/2^-$), который заселяется β -переходом с $\log ft = 5,6$. Столь низкое значение $\log ft$ характерно для β -процессов между членами спин-орби-

гального дублета. Таким дублетом в данной области Λ являются состояния $p(d_{5/2})$ и $n(d_{3/2})$. Как мы выше отмечали, данные состояния реализуются у ^{139}Nd и ^{139}Pr , β -переход между которыми имеет $\log ft = 5,1$. Тогда остается предположить ^{16/}, что уровень 1834,0 кэв относится к мультиплету трехчастичных состояний: $p(d_{5/2})^1 n(d_{3/2})^1 n(h_{11/2})^{-1}$. На некоторые уровни этого мультиплета (с $J^\pi = 9/2^-, 11/2^-, 13/2^-$) будет идти разрешенный распад $^{139m}\text{Nd} (J^\pi = 11/2^- ; p(d_{5/2})^2 n(h_{11/2})^{-3})$.

Вблизи состояния 1834,0 кэв имеется еще несколько уровней с $J^\pi = 9/2^-, 11/2^-$ или $13/2^-$, β -переходы на которые характеризуются сравнительно небольшими величинами $\log ft$. Все эти уровни связаны между собой довольно интенсивными $M1 + E2$ -переходами. По крайней мере, некоторые из них могли бы быть членами указанного мультиплета.

Таким образом, среди уровней ^{139}Pr , возбуждаемых при распаде ^{139m}Nd , удается качественно выделить одночастичные, многочастичные и коллективизированные состояния.

Для более тщательного анализа структуры ядра ^{139}Pr требуется привлечение как других экспериментальных методов, так и конкретных теоретических расчётов.

Авторы выражают благодарность В. Боновой и Я. Полаховой за помощь в работе.

Литература

1. В.Н. Wildenthal. 29B, 274 (1969).
2. N. Freed and W. Miles. Nucl. Phys., A158, 230 (1970).
3. К.Я. Громов, А.С. Данагулян, Л.Н. Никитюк, В.В. Муравьева, А.А. Соколин, М.З. Шталь, В.С. Шпинель. ЖЭТФ, 47, 1645 (1964).
4. Н.А. Бонч-Осмоловская, Б.С. Джелепов, О.Е. Крафт, Чжоу Юе-ва. Изв. АН СССР, сер. физ., 25, 826 (1961).

5. J. Gilat, W.J. Treytl, Nucl.Chem,Ann,Rep., 1966, URCL 17299, p. 20.
6. D.B. Beery, W.H. Kelly, Wm.C. McHarris. Phys.Rev., 188, 1851 (1969).
7. K. Hesse. Z. Physick. 226, 328 (1969).
8. F. Molnar, A. Horvath and V.A. Khalkin. J. of Chromatography, 26, 225 (1967).
9. В.П. Афанасьев, А.Т. Василенко, И.И. Громова, Ж.Т. Желев, В.В. Кузнецов, М.Я. Кузнецова, Д. Мончка, Ю. Поморски, В.И. Райко, А.В. Ревенко, В.М. Сороко. В.А. Уткин. Сообщение ОИЯИ, 13-4763, Дубна, 1969.
10. С.-J. Beyer, H. Grosse-Ruyken, V.A. Khalkin. J. Inorg. Nucl. Chem., 31, 1865 (1969).
11. С.-J. Beyer, H. Grosse-Ruyken, V.A. Khalkin, G. Pfrepper. J. Inorg. Nucl. Chem., 31, 2135 (1969).
12. Г. Музиоль, В.И. Райко, Х. Тыррофф. Сообщение ОИЯИ, Р6-4487, Дубна, 1969.
13. В.С. Бутцев, Ц. Вылов, В.Г. Калинин, Н.А. Тихонов. Пр. и тезисы ежег. совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, ч.1, стр. 82, "Наука", Ленинград, 1971.
14. Э.И. Берлович, Г.М. Букат. Изв. АН СССР, сер.физ., 28, 214 (1964).
15. L.S. Kisslinger, R.A. Sorenson. Revs.Mod.Phys., 35, 853 (1963).
16. J.R. Van Hise, G. Chilosi, N.J. Stone. Phys. Rev., 161, 1254 (1967).

Рукопись поступила в издательский отдел

5 марта 1971 года.