

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



7/III 74

6 - 7476

Б-346

889/2-74

Б.Баяр, И.Воцилка, М.Госиор, Н.Г.Зайцева, Б.Крацик,
В.В.Кузнецов, Я.Липтак, Г.И.Лазурей,
А.Ф.Новгородов, Х.Г.Ортлепп, М.Тошев, В.Хабенихт

ДВУХЧАСТИЧНЫЕ СОСТОЯНИЯ $^{88}_{40}\text{Zr}$ 48

ВОЗБУЖДАЕМЫЕ ПРИ РАСПАДЕ $^{88}_{41}\text{Nb}$ 47

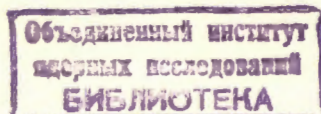
1973

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Б.Баяр, И.Воцилка, М.Госиор, Н.Г.Зайцева, Б.Крацик,
 В.В.Кузнецов, Я.Липтак, Г.И.Лазурей,
 А.Ф.Новгородов, Х.Г.Ортлепп, М.Тошев, В.Хабенихт

ДВУХЧАСТИЧНЫЕ СОСТОЯНИЯ $^{88}_{40}\text{Zr}$ 48 ,
 ВОЗБУЖДАЕМЫЕ ПРИ РАСПАДЕ $^{88}_{41}\text{Nb}$ 47

Направлено в "Известия АН СССР"



1. ВВЕДЕНИЕ

Изучение свойств возбужденных состояний ядер, близких к заполненной нейтронной оболочке $N = 50$ и протонной подоболочке $Z = 40$, представляет значительный интерес с точки зрения развития теоретических представлений о ядрах этой области. В связи с возрастающим интересом к свойствам многочастичных состояний ядер возникает потребность в более детальном исследовании высоких уровней ^{88}Zr с большим спином, часть из которых должна возбуждаться при бета-распаде $^{88}_{41}\text{Nb}_{47}$ ($I^\pi = 8^+$).

В Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ раньше изучался распад ^{90}Nb на возбужденные уровни полумагического ядра $^{90}_{40}\text{Zr}_{50}$ /1/, и, естественно, интересно проанализировать возбужденные состояния ядра $^{88}_{40}\text{Zr}_{48}$, отличающегося от ядра $^{90}_{40}\text{Zr}_{50}$ двумя "дырками" в нейтронной оболочке, и сравнить схемы уровней этих ядер. С этой целью нами исследовались спектры излучений, возникающие при распаде ^{88}Nb ($I^\pi = 8^+$).

Распад ^{88}Nb ранее изучался Флегенхаймером /2/ и Дороном /3/. Ими была обнаружена активность, спадающая с периодом полураспада 13,5 мин, которая была приписана распаду ^{88}Nb . Из анализа спектра γ -лучей ^{88}Nb авторами /2,3/ введены возбужденные состояния ^{88}Zr с энергиями 1056,5 кэв (2^+), 1816 кэв, 2138,9 кэв (4^+), 2538 кэв ($4,5^-$), 2809,8 кэв (6^+), 2886,8 кэв ($7,8^+$) и 3390 кэв ($7,8^+$). Возбужденные состояния ^{88}Zr исследовались также в реакции $^{90}\text{Zr}(p,n)^{88}\text{Zr}$ /4,6/. В этих работах уровням с энергиями 1057, 2134 и 2875 кэв приписаны спины и четности 2^+ , 4^+ и $(8,6)^+$ соответственно. Ишихара и др. /7/ измерили время жизни возбужденного состояния ^{88}Zr 2887 кэв $T_{1/2} = 1,75 \pm 0,20$ мксек.

В работе /8/ исследовались спектры γ -лучей и γ - γ -совпадений при распаде ^{88}Nb . Уровням с энергиями 1057, 2139, 2539, 2810, 2887 и 3390 кэВ авторы /8/ приписали значения спина и четности $2^+, 4^+, (4^-); 6^+, 8^+$ и $(7^+, 8^+, 9^+)$ соответственно.

В настоящей работе приводятся результаты исследований спектров γ -лучей, γ - γ -совпадений и электронов внутренней конверсии при распаде ^{88}Nb ($I^\pi = 8^+$).

УСЛОВИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

^{88}Nb получался в реакциях глубокого расщепления серебра протонами с энергией 660 МэВ. В качестве мишени использовался хлорид серебра. Постановка мишени в выведенный пучок протонов синхроциклотрона ЛЯП ОИЯИ и ее доставка обратно в радиохимическую лабораторию осуществлялись пневмопочтой. Время облучения составляло около 10 мин. Ниобий выделялся методом газовой термохроматографии, что позволяло приготовить радиоактивные источники ниобия за 3-4 минуты после конца облучения.

Спектры γ -лучей ^{88}Nb были измерены с помощью γ -спектрометров с $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами объемом 2,4 и 37 см³ и энергетическим разрешением 2,3 и 4 кэВ в области энергий 1 МэВ соответственно. Калибровка по энергиям производилась с помощью известных γ -переходов, возникающих при распаде ^{88}Nb , ^{89}Nb и ^{90}Nb , которые присутствуют в выделяемых источниках. Принадлежность γ -переходов к каждому из изотопов определялась по спаду их интенсивности.

^{88}Nb и $^{88\text{m}}\text{Nb}$ имеют много общих γ -переходов, что затрудняет анализ их схем распада. Данные наших исследований спектров γ -лучей $^{88\text{m}}\text{Nb}$ были опубликованы в /9/. Результаты анализа спектров γ -лучей, возникающих при распаде $^{88\text{g}}\text{Nb}$, показаны в табл. 1. Для сравнения в той же таблице приведены данные работы /8/.

Измерения спектров γ - γ -совпадений проводились с помощью $\text{Ge}(\text{Li})$ - $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов с объемом 27 и 41 см³. Разрешающее время спектрометра составляло

50 нсек. Изучались совпадения с γ -лучами с энергией 271,4; 399,4; 502,9; 671,1 и 1057,05 кэВ. Результаты анализа спектров γ - γ -совпадений демонстрируются в табл. 2.

Спектр электронов внутренней конверсии ^{88}Nb измерялся на безжелезном бета-спектрометре с тороидальным магнитным полем /10/. Данные изучения спектра конверсионных электронов сведены в табл. 3.

Сравнение экспериментального отношения интенсивностей K , L конверсионных электронов перехода с энергией 76,7 кэВ с теоретическими отношениями a_K/a_L /11/ показало, что данный переход имеет мультипольность типа $E2$ /табл. 4/. Значение a_K для γ -перехода 76,7 кэВ было принято равным 2,33, и определено значение a_K для γ -перехода с энергией 271,4 кэВ ($a_K = (4,5 \pm 1,2) \cdot 10^{-3}$).

СХЕМА РАСПАДА ^{88}Nb И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные нами экспериментальные результаты позволяют уточнить энергии γ -переходов, сделать заключения о спине и четности некоторых ранее известных возбужденных состояний ^{88}Zr и ввести ряд новых уровней в схему распада ^{88}Nb . Предлагаемая нами схема распада $^{88}\text{Nb} \rightarrow ^{88}\text{Zr}$ показана на рис. 1. При расчете величин l_{gft} было принято теоретическое значение энергии распада ^{88}Nb 7,5 МэВ /12/.

Уровню с энергией 2539 кэВ в работе /3/ приписывается $I^\pi = (4,5)^-$, а в работе /8/ (4^-). Из анализа наших результатов следует, что мультипольность γ -перехода с энергией 271,4 кэВ типа $E1$, что позволяет однозначно приписать этому уровню $I^\pi = 5^-$. Мультипольность γ -перехода с энергией 76,7 кэВ - типа $E2$, что подтверждает значение спина и четности уровня с энергией 2887 кэВ $I^\pi = 8^+$ /8/.

Гамма-лучи с энергией 503 кэВ находятся в совпадении только с аннигиляционными γ -квантами, что свидетельствует о правильном размещении γ -перехода с энергией 503 кэВ между уровнями 2887,7 и 3390,7 кэВ /3,8/.

На основе баланса энергий и интенсивностей в схему распада ^{88}Nb введены уровни с энергиями и квантовыми характеристиками: 3885 кэв ($7^+, 8^+$), 4162,5 кэв ($7^+, 8^+, 9^+$), 4609,4 кэв ($7^+, 8^+, 9^+$) и 4933,6 кэв ($7^+, 8^+, 9^+$).

В ^{90}Zr наблюдаются протонные уровни $0^+, 2^+, 4^+, 6^+, 8^+$ с конфигурацией $\nu(g_{9/2})^2$ /рис. 2/ /13/. Можно ожидать существования аналогичных уровней и у ^{88}Zr . Но здесь, в отличие от ^{90}Zr , имеются еще две нейтронные "дырки", которые тоже могут обусловить появление уровней с конфигурацией $\pi(g_{9/2})^{-2}$. Возможно, протонные и нейтронные уровни с одинаковыми значениями спинов и четностей будут смешаны. В ^{88}Zr появляются уровни $2^+ / 1057 \text{ кэв/}$, $4^+ / 2139,8 \text{ кэв/}$, $6^+ / 2811 \text{ кэв/}$ и $8^+ / 2887,7 \text{ кэв/}$. Так как эти состояния возбуждаются в реакции $^{90}\text{Zr}(p,t)^{88}\text{Zr}$ /4-6/, следует предположить, что нейтронная компонента в их конфигурации существенна.

Согласно /7/ время жизни уровня 2887,7 кэв (8^+) /1,75±0,2/ мксек. Для γ -перехода 76,7 кэв

$$T_{1/2}(E2)_{\text{S.P.}} = T_{1/2}(E2)$$

показывает, что уровни 2887,7 и 2811 кэв имеют одинаковую природу.

Уровень $8^+ / 2887,7 \text{ кэв/}$ возбуждается при β -распаде типа $\nu(g_{9/2}) \rightarrow \pi(g_{9/2})$. Значение $l_g ft = 6,1$ для этого перехода находится в согласии со значениями $l_g ft$ для аналогичных β -переходов у соседних ядер. Значение $l_g ft$ для β -перехода на уровень 3390 кэв на 0,4 меньше, чем для перехода на уровень 2887,7 кэв, возможно, это указывает на то, что состояние с энергией 3390 кэв возбуждается вследствие перехода $\nu(g_{9/2}) \rightarrow \pi(g_{7/2})$. Однако этот переход связан со следующей оболочкой, и поэтому нейтронная конфигурация уровня 3390 кэв будет $\pi(g_{7/2})^1 \nu(g_{9/2})^{-3}$. Если это так, то аналогичный уровень должен существовать и в ядре ^{90}Zr . Не исключено, что один из высоких уровней в ^{90}Zr , с низким значением $l_g ft$, возбуждаемых при распаде ^{90}Nb , имеет такую же структуру.

В ^{90}Zr наблюдаются уровни с $1\pi = 4^-$ и 5^- с конфигурациями $\nu(p_{1/2})^1 \nu(g_{9/2})^{13}$. Возможно, уровни ^{88}Zr с энергией 2539,2 кэв (5^-) и 2989,8 кэв ($4^-, 5^-$) имеют такую же структуру.

В работе /13/ уровни ^{90}Zr с энергиями и квантовыми характеристиками 5060 кэв (7^+), 5164 кэв (8^+) и 5432 кэв (9^+) интерпретируются как четырехчастичные состояния. Возбуждение таких уровней при β -распаде должно происходить превращением $\nu(g_{9/2}) \rightarrow \pi(g_{9/2})$. Бета-переходы на уровни ^{88}Zr 3885 кэв ($7^+, 8^+$) и 4162,5 кэв ($7,8,9$)⁺ имеют завышенные значения $l_g ft$, как и β -переходы на высоколежащие уровни в ^{90}Zr . Поэтому не исключено, что эти уровни имеют структуру, аналогичную структуре уровней ^{90}Zr .

Авторы выражают благодарность профессору К.Я.Громову за поддержку и интерес к работе и В.В.Гопанчук за помощь в обработке экспериментальных данных.

Литература

1. Н.Г.Зайцева, Б.Крацик, Г.Музиоль, Л.К.Пекер, В.И.Фоминых, Чан Тхань Минь. Изв. АН СССР, сер. физ., Т. 35, №1, 35 /1971/.
2. J.Flegenhaimer. Radiochim.Acta, 6,20 (1966).
3. T.A.Doron and M.Blann. Nucl.Phys., A161, 12 (1971).
4. H.Taketani et al. J.Phys.Soc.Japan, 26, 204 (1969).
5. J.B.Ball, R.L.Auble, R.M.Drisko, P.G.Roos. Phys.Rev., 177, 1699 (1969).
6. J.B.Ball and R.L.Auble. Phys.Rev., C4, 196 (1971).
7. M.Ishihama, H.Kavakani, N.Yoshikava and M.Sakai. Phys.Lett., 35B, 398 (1971).
8. R.Jafigliola, R.Turcotte, R.V.Moore and J.K.R.Lee. Nucl.Phys., A182, 400 (1972).
9. Р.Арльт, Б.Баяр, И.Воцилка, Ц.Вылов, Н.Г.Зайцева, Б.Крацик, Я.Липтак, А.Ф.Новгородов, Ф.Севера, М.Тошев. Сообщение ОИЯИ, 6-6966, Дубна, 1973.
10. М.Госиор, К.Я.Громов, В.В.Кузнецов, Г.И.Лазурей, А.В.Потемпа, Е.Дец, Е.Корецки, Е.Станиевски, М.Яницки. Тезисы докладов XIII совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра, ОИЯИ, Дб-7094, стр.167, Дубна, 1973.
11. Nucl. Data Tables, V4, N1 - 2 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел
4 октября 1973 года.

Таблица 1
Энергии и интенсивности γ -лучей, возникающих
при распаде ^{88}Nb

Настоящая работа		Работа ^{8/}	Настоящая работа		Рабо. ^{8/}
$E_{\gamma}, \text{кэВ}$	I_{γ}	I_{γ}	$E_{\gamma}, \text{кэВ}$	I_{γ}	I_{γ}
76,7 \pm 0,2	23,0 \pm 2,5	23,5 \pm 1,4	1164,2 \pm 0,8	0,46 \pm 0,15	-
224,6 \pm 0,8	0,34 \pm 0,12	-	1219 \pm 1	0,57 \pm 0,15	-
257 \pm 1	0,28 \pm 0,10	-	1247,6 \pm 0,6	0,4 \pm 0,1	-
271,4 \pm 0,2	33 \pm 3	29,4 \pm 1,5	1275,3 \pm 0,6	0,3 \pm 0,1	-
399,38 \pm 0,13	33 \pm 3	31,5 \pm 2,8	1348,4 \pm 0,7	0,38 \pm 0,10	-
476,0 \pm 0,4	0,68 \pm 0,20	-	1377,2 \pm 0,9	0,25 \pm 0,10	-
502,9 \pm 0,2	64 \pm 7	80 \pm 6	1407,5 \pm 0,5	0,70 \pm 0,15	-
671,1 \pm 0,2	65 \pm 5	66,3 \pm 2,1	1478,3 \pm 0,6	0,44 \pm 0,10	-
771,2 \pm 0,6	0,64 \pm 0,20	-	1543,0 \pm 0,6	1,2 \pm 0,2	-
920,2 \pm 0,4	2,0 \pm 0,3	-	1573,8 \pm 0,6	0,7 \pm 0,2	-
943,2 \pm 0,7	0,57 \pm 0,20	-	1721,4 \pm 0,6	0,60 \pm 0,15	-
957,0 \pm 0,7	0,6 \pm 0,2	-	2045,8 \pm 0,5	0,63 \pm 0,15	-
997,3 \pm 0,5	0,54 \pm 0,15	-	2082,5 \pm 0,6	0,43 \pm 0,15	-
1057,05 \pm 0,12	100 \pm 6	100 \pm 5	2255,7 \pm 0,9	0,25 \pm 0,10	-
1075,3 \pm 0,4	5,7 \pm 0,8	-	2263 \pm 1	0,2 \pm 0,1	-
1082,80 \pm 0,13	100 \pm 8	98 \pm 5	2311,9 \pm 0,7	0,8 \pm 0,2	-
			2450,7 \pm 0,8	0,43 \pm 0,15	-

Таблица 2

Результаты анализа спектров γ - γ -совпадений
при распаде ^{88}Nb

Энергии гамма-лучей (γ_1, γ_2 , кэВ), наблюдаемых
в спектрах совпадений γ_1, γ_2 , кэВ

271,4	76,7; 399,4; I057; I082
399,4	76,7; 262,4 [*] ; 271,4; 450,7 [*] ; 511; 573 [*] ; I057; I082
502,9	511
671,1	76,7; I057; I082
I057,05	76,7; 262,4 [*] ; 271,4; 399; 450,7 [*] ; 511; 637 [*] ; 671; 760 [*] ; I082

Примечание: Звездочкой обозначены γ -переходы, кото-
рые возникают только при распаде ^{88}Nb .

Таблица 3
Относительные интенсивности конверсионных электронов, возникающих при распаде ^{88}Nb

E_{β} (кэВ)	I К	I Σ L	I Σ M
76,7	100 ± 6	$22,6 \pm 1,6$	$3,75 \pm 0,38$
271,4	$0,27 \pm 0,03$	-	-

Таблица 4
Выводы о мультитипольности γ -переходов с энергиями 76,7 и 271,4 кэВ

E_{γ} , кэВ	Метод определения	Теория					Вывод о мультитипольности
		Э1	Э2	Э3	M1	M2	
76,7	K/L	$4,4 \pm 0,5$	4,66	1,51	6,82	6,23	E2
	α К	принято					
		2,33	$2,17 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^1$	$3,75 \cdot 10^{-1}$	4,86	
271,4	α К	$(4,5 \pm 1,2) \cdot 10^{-3}$	$2,67 \cdot 10^{-2}$	$1,12 \cdot 10^{-1}$	$1,37 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-2}$	E1

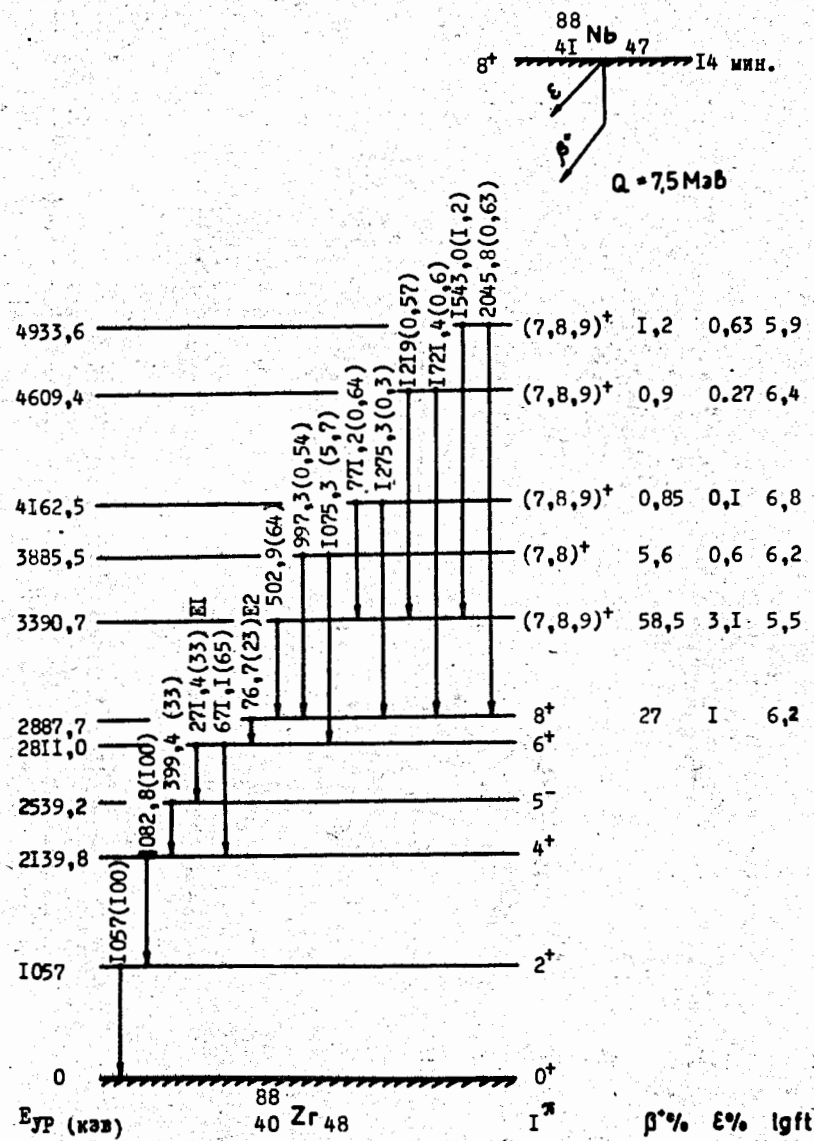


Рис. 1. Схема распада $^{88}\text{Nb} \rightarrow ^{88}\text{Zr}$.

