

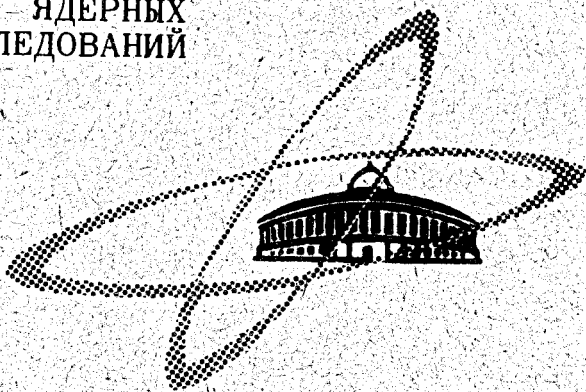
СЗ41.26
ДК-51

18/v-70

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

6 - 5014



Ж.Т. Желев, Н.Г. Зайцева, С.С. Сабилов,
М. Еникова, У.К. Назаров, В.И. Кузин,
Ю.В. Норсеев

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

УРОВНИ ^{123}Te

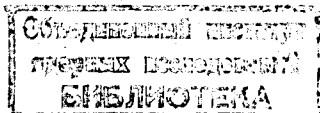
ВОЗБУЖДАЕМЫЕ ПРИ РАСПАДЕ ^{123}J

1970

6 - 5014

Ж.Т. Желев, Н.Г. Зайцева, С.С. Сабиров,
М. Еникова, У.К. Назаров, В.И. Кузин,
Ю.В. Норсеев

УРОВНИ ^{123}Te ,
ВОЗБУЖДАЕМЫЕ ПРИ РАСПАДЕ ^{123}J



Уровни ^{123}Te , возникающие при распаде ^{123}J , были изучены в работах /1-3/. Авторы этих работ исследовали спектр гамма-лучей и измеряли гамма-гамма-совпадения. Применяемые источники содержали и другие изотопы йода (^{124}J), что помешало обнаружению слабых гамма-переходов. Кроме того, почти не были изучены спектры электронов внутренней конверсии.

Целью нашей работы является детальное изучение спектров гамма-лучей, гамма-гамма-совпадений при помощи $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов и исследование спектров конверсионных электронов распада ^{123}J .

Полученные нами предварительные результаты о гамма-лучах ^{123}J были приведены в сообщениях /4,5/.

Приборы и методика

Спектры электронов внутренней конверсии изучались при помощи магнитного бета-спектрометра с двойной двукратной фокусировкой на угол $\pi\sqrt{2}$ ($R = 0,20\%$, $\Omega = 0,15\%$). Исследование спектра гамма-лучей ^{123}J было проведено с помощью полупроводникового гамма-спектрометра. В работе были использованы $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторы коаксиального типа с чувствительными объемами $10; 30 \text{ см}^3$ и разрешением $\approx 4,5 \text{ кэВ}$ на линии 1332 кэВ ^{60}Co .

В качестве источника для изучения спектра конверсионных электронов служила фракция йода, которая была выделена из мишени металлического лантана (или церия), облученного протонами с энергией 660 МэВ на синхроциклотроне ОИЯИ. Методика выделения высокоактивного препарата йода описана в работе /6/. Источники для бета-спектрометра изготавливались выпариванием активного раствора фракции йода на сереб-

ряную фольгу сразу после выделения, а измерения производились спустя 8-10 часов.

Препарат для исследования гамма-спектра готовился следующим образом. После облучения в течение 2-3 часов металлическая цериевая мишень растворялась в азотной кислоте, а изотопы ксенона уносились током гелия и собирались на активированном угле, охлаждаемом жидким азотом. Далее ловушки с активированным углем присоединялись к вакуумной установке (10^{-5} мм рт.ст.), и проводилась очистка ксенона от паров воды, кислоты и посторонних газов. После очистки ксенон запаивали в ампулу, и в течение 10-15 часов производилось накопление йода. Затем ампулу разбивали и нераспавшийся ксенон откачивали, а изотопы йода оставались прочно адсорбированными на стенках ампулы. Со стенок ампул йод смывали 6M NaOH. В выделенной фракции йода содержались следующие изотопы: ^{125}J (60 дней), ^{123}J (13,3 часа), ^{122}J (3,5 мин.), а ^{124}J полностью отсутствовал, так как ^{124}Xe - стабильный. Методика выделения йода из ксенона описана в работах /7,8/. Поскольку ^{122}J распадается очень быстро, то наблюдаемый гамма-спектр принадлежал практически изотопу ^{123}J . В нем присутствовала только еще одна гамма-линия ^{123}J с энергией 35 кэВ.

Полученный спектр гамма-лучей показан на рис. 1. Сравнение наших результатов с данными /1+3/, приведенными в табл. 1, показывает, что интенсивности гамма-лучей, определенные нами, хорошо совпадают с данными Серголя /2/ и на 20-30% отличаются от данных Рагаии /3/. Наряду с гамма-переходами, которые наблюдались авторами работ /1-3/, нами были обнаружены 6 новых малоинтенсивных гамма-переходов: 331, 456, 597, 697, 895 и 913 кэВ.

При исследовании гамма-спектра мы не наблюдали гамма-пика с энергией 511 кэВ. Возможно, что $I_{\gamma 511} < 0,5\%$. Малоинтенсивный переход 574 кэВ, обнаруженный авторами работы /2/, возможно, накладывается в нашем спектре на гамма-линию 573 кэВ ^{121}Te , который присутствовал как дочерний продукт от распада ^{121}J , и поэтому мы не смогли более точно определить его интенсивность. Значение энергии этого перехода, по нашим данным, составляет 571 кэВ.

Гамма-гамма-совпадения. Измерения проводились при помощи двумерного анализатора гамма-гамма-совпадений с полупроводниковы-

ми детекторами на базе ЭВМ "Минск-2" /9/. Полученные результаты подтвердили схему уровней ^{123}Te , предложенную в предыдущих работах /2,3/ (рис. 2).

Спектр конверсионных электронов распада ^{123}J исследовался на бесфоновом бета-спектрометре. Полученные нами сведения о спектре конверсионных электронов ^{123}J приведены в табл. 1,2. Данные об интенсивностях конверсионных электронов и γ -лучей (табл. 1) использованы для определения коэффициентов конверсии (α к эксп.) ряда γ -переходов. При этом нормировка интенсивностей конверсионных электронов и γ -лучей осуществлена по теоретическим значениям $\alpha_K^{\text{теор.}}$ /10/ перехода 159 кэВ $M1$ /2,3/ и 529 кэВ ($E2$). Сравнением теоретических значений коэффициентов внутренней конверсии с экспериментальными были определены мультипольности некоторых переходов (табл.2).

Схема уровней ^{123}Te

Схема возбужденных состояний ^{123}Te , возникающих при распаде ^{123}J , предложена в работах /1-3/, где квантовые характеристики уровней экспериментально не определялись, а приводились их предположительные значения. Определенные нами мультипольности некоторых переходов позволили уточнить характеристики уровней ^{123}Te . Схема распада $^{123}\text{J} \rightarrow ^{123}\text{Te}$ приведена на рис. 2.

Четно-нечетное ядро ^{123}Te является по своей природе сферическим, и его характеристики предсказываются по схеме оболочечной модели ядра, согласно которой нечетный 71-й нейтрон может находиться в состоянии $s_{1/2}$. Предсказание модели оболочек подтверждается опытными данными. В работах /11-13/ был измерен спин основного состояния ^{123}Te , который оказался равным $1/2$.

Спин ядра ^{123}J также предсказывается по схеме Майер /14/, согласно которой нечетный протон может находиться в состоянии $d_{5/2}$.

В работах /15-16/ был определен спин основного состояния ^{123}J $J=1=5/2$.

Используя величину энергии распада $^{123}\text{J} \rightarrow ^{123}\text{Te}$, $Q = 1275$ кэВ, рассчитанную в работе /17/, и определенную нами заселенность уровней, мы определили значения $\lg ft$ для уровней ^{123}Te .

Бета-распад $^{123}\text{J} \rightarrow ^{123}\text{Te}$ характерен тем, что основная его доля (98,3%) заселяет уровень с энергией 159 кэВ. Его характеристики $3/2^+$ известны из предыдущих работ, а $\lg ft = 5,2 \pm 0,2$. Малая величина значения $\lg ft$ подтверждает ранее определенную положительную четность основного состояния $^{123}\text{J} \rightarrow 5/2^+$.

Уровень 248 кэВ является изомерным $^{18/}$ ($T_{1/2} = 104$ дня; $I^\pi = 11/2^-$).

Бета-распад с основного состояния ^{123}J на этот уровень маловероятен, и мы не наблюдали соответствующих переходов на уровни 0 и 159 кэВ ($I^\pi < 0,01\%$).

Уровень 440 кэВ. На основании определенных нами мультипольностей переходов 440 кэВ ($E2+M1$) и 281,5 кэВ ($E0+E2+M1$) можно приписать уровню 440 кэВ квантовые характеристики $3/2^+$ или $1/2^+$, поскольку бета-переход $5/2^+ \rightarrow 1/2^+$ со значением $\lg ft = 10 \pm 11$ относится ко второму порядку запрещения, характеристика $1/2^+$ исключается.

Уровень 505 кэВ разряжается двумя переходами 346 и 505 кэВ с мультипольностями $M1+E2$ и $E2$ соответственно. Это позволяет определить однозначно спин и четность уровня 505 кэВ как $5/2^+$.

Относительно интенсивно заселенный уровень 688 кэВ с $\lg ft = 6,7$ может иметь квантовые характеристики $5/2^+$ или $3/2^+$, как это следует из мультипольности типа $E2$ переходов 529 и 688 кэВ.

Уровень 697 кэВ. Более однозначные результаты мы получили об уровне 697 кэВ. В ранее предложенной схеме этому уровню приписали характеристики $5/2^+$ или $7/2^+$. Определенная нами мультипольность перехода 538 кэВ ($E2+M1$), который разряжает состояние 697 кэВ на состояние 159 кэВ с характеристиками $3/2^+$, подтверждает эти предположения. Тот факт, что мы наблюдаем с этого уровня переход с энергией 697 кэВ на основное состояние ^{123}Te ($1/2^+$), исключает характеристику $7/2^+$.

Уровень 895 кэВ разряжается тремя гамма-переходами: на основное $1/2^+$ (0 кэВ), $3/2^+$ (159 кэВ) и $3/2^+$ (440 кэВ) состояния.

Авторы работ $^{2,3/}$ предлагают для него характеристики $5/2^+$ или $7/2^+$. Мультипольность перехода 736 кэВ, по-видимому, есть ($M1+E2$). Если рассмотрим теоретическое отношение приведенных вероятностей $B(E2)_{\gamma 736}$ и $B(M3)_{\gamma 895}$ при предполагаемой характеристике $7/2^+$ для состояния 895 кэВ, получим:

$$\left| \frac{B(E2)_{\gamma 736}}{B(M3)_{\gamma 895}} \right| = \frac{1,6 \cdot 10^8 A^{4/3} E_{\gamma}^5}{1,8 \cdot 10^2 A^{4/3} E_{\gamma}^7} = 4,2 \cdot 10^5 \quad (1)$$

Соответствующее соотношение при предполагаемой характеристике $5/2^+$ будет иметь вид:

$$\left| \frac{B(M1)_{\gamma 736}}{B(E2)_{\gamma 895}} \right| = \frac{2,8 \cdot 10^{13} E_{\gamma}^3}{1,6 \cdot 10^2 A^{4/3} E_{\gamma}^5} = 200 \quad (2)$$

Так как экспериментальное соотношение $\frac{I_{\gamma 736}}{I_{\gamma 895}} = 15 \pm 5$, т.е. ближе к предположению (2), мы принимаем характеристику $5/2^+$ для уровня 895 кэв.

Наряду с рассмотренными уровнями в схеме распада ^{123}J существует еще уровень с энергией 784 кэв и характеристиками $5/2^+$ и $3/2^+$. Наши экспериментальные данные подтверждают его существование, но не позволяют более однозначно определить его характеристики.

В схеме уровней ^{123}Te не размешены переходы с энергиями 331, 571, 597, 913 кэв, суммарная интенсивность которых составляет меньше 0,2% на распад.

Л и т е р а т у р а

1. R. Gupta. Nucl.Phys., 14, 606 (1960).
2. H. Sergolle, G. Abbono, J. Bouloumie, J. Lagrange, L. Marcus and Pantrat. Journal de Phys., 28, 383 (1967).
3. R. Ragaini, W. Walters, G. Gordowand Boedecker. Nucl.Phys., A115, 611 (1968).
4. Ж.Т. Желев, Н.Г. Зайцева, В.Г. Калинин, В.И. Кузин, Ю.В. Норсеев, С.С. Сабиров, В.И. Фоминых. Тезисы докладов на XI -ом рабочем совещании по ядерной спектроскопии и теории атомного ядра, 1-5 июня, Дубна, 1969 (стр. 44).

5. Ж.Т. Желев, Н.Г. Зайцева, В.Г. Калинин, В.И. Кузин, С.С. Сабиров, У.К. Назаров, Ю.В. Норсеев, В.И. Фоминых. Тезисы докладов на XX -ом ежегодном совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Ленинград, 1970 (стр. 73).
6. Н.Г. Зайцева, Ким Хон Сил, В.А. Халкин. Радиохимия, 8, 5, 576 (1966).
7. В.И. Кузин, В.Д. Нефедов, Ю.В. Норсеев, М.А. Торопова, В.А. Халкин, П. Гроз. Препринт ОИЯИ, 6-4157, Дубна, 1968.
8. В.Д. Нефедов, М.А. Торопова, В.А. Халкин, Ю.В. Норсеев, В.И. Кузин. Препринт ОИЯИ, 6-4440, Дубна, 1969.
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, В.М. Цупко-Ситников. Препринт ОИЯИ, 13-4273, Дубна, 1969.
10. Гамма-лучи. Под ред. Л.А. Слива. Изд. АН СССР, 1961.
11. J. Mack. *Revs.Mod.Phys.*, 22, 64 (1950).
12. J. Ross, K. Murakawa. *Phys.Rev.*, 83, 229 (1951).
13. M. Kalkstein. *NSA*, 9, No 2413 (1955).
14. М. Гепперт-Майер, И.Г. Иенсен. Элементарная теория ядерных оболочек. ИЛ, Москва, 1958.
15. E. Lipworth, H. Garvin. *Bull.Am.Phys.Soc.*, 2, 316 (1957).
16. H.L. Garvin, T.M. Green, E. Lipworth. *Phys.Rev.*, 111, 534 (1958).
17. N. Zeldes, A. Grill, A. Simievic. *Mat.Fys.Skr.Dan.Vid.Selsk.*, 3, No. 5 (1967).
18. N. Goldberg, S. Frankel. *Phys.Rev.*, 93, 1425 (1954); 100, 1350 (1955).

Рукопись поступила в издательский отдел

25 марта 1970 года.

Таблица 1
 Данные о гамма-лучах и К-конверсионных электронах,
 возникающих при распаде ¹²³J.

Р Гупта /1/		Серголь /2/ И ДР.		Роганин /3/ И ДР.		Наши данные		
E _γ [кэВ]	I _γ	E _γ [кэВ]	I _γ	E _γ [кэВ]	I _γ	E _γ [кэВ]	I _γ	I _κ
159	100	159	100	159,1	100	159	100	100
-	-	183	0,026	183,7	0,03	182,5	0,02	-
-	-	193	0,023	192,7	0,03	192,5	0,02	-
-	-	248	0,070	248,3	0,08	248	0,04	-
275	0,14	282	0,053	281,0	0,08	281,5	0,04	0,027
320	0,12	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	331	0,008	-
340	0,16	346	0,087	346,6	0,12	346	0,070	0,012
380	0,07	-	-	-	-	-	-	-
435	0,44	440	0,255	440,4	0,31	440	0,230	0,018
-	-	-	-	-	-	456	0,003	-
500	0,28	505	0,193	505,6	0,31	505	0,2	0,006
530	2,0	529	0,789	529,0	0,31	529	0,78	0,029
-	-	538	0,195	538,0	0,32	538	0,2	0,008
-	-	574	0,007	-	-	571	0,08	-
-	-	-	-	-	-	597	0,002	-
-	-	624	0,044	624,9	0,08	625	0,05	-
690	0,08	688	0,017	687,7	0,03	688	0,03	0,0004
-	-	-	-	-	-	697	0,002	-
-	-	736*	0,029	736,1	0,04	736	0,03	0,0017
-	-	784	0,039	784,4	0,05	784	0,03	0,00046
-	-	-	-	-	-	895	0,002	-
-	-	-	-	-	-	913	0,002	-

Примечание:

Интенсивность γ-переходов определена с точностью 10-35%. Точность определения энергии γ-переходов составляет 0,1%.

Таблица 2

Определение мультипльностей гамма-переходов
в ^{123}Te

$\frac{E_{\gamma}}{Z_{\text{экв}}}$	I_{γ}	$I_{\alpha} \cdot 10^3$	Коэффициенты конверсии, $\times 10^3$						Тип мульти- пльности
			k_{α} эксп.	E1	E2	M1	M2		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	
159	1000	160000	160	45	260	160	1100	MI принято	
281,5	0,4±0,1	44,2±8,0	110±22	10	40,0	35,0	160,0	E0+E2+M1	
346	0,7±0,15	18,6±4,0	26±7,0	5,6	20,0	20,2	80	M1+E2	
440	2,3±0,3	28,5±3,1	12,3±2,0	3,1	11,0	11,3	38	E2+M1	
505	2,0±0,2	10,1±2,0	5,05±1,0	2,3	6,9	7,8	26	E2	
529	7,8±0,6	46,7±5,0	6,0±0,6	2,05	6,0	7,0	22,5	E2 принято	
538	2,0±0,2	12,5±2,0	6,25±0,8	1,97	5,8	6,8	21,5	E2+M1	
688	0,3±0,1	0,65±0,2	2,1±0,7	1,15	3,0	3,8	11	(E2)	
736	0,3±0,1	2,0±0,4	6,0±2,0	1,0	2,6	3,35	9	(M1+E2)	
784	0,3±0,1	0,74±0,2	2,4±0,4	0,87	2,2	2,9	7,6	M1+E2	

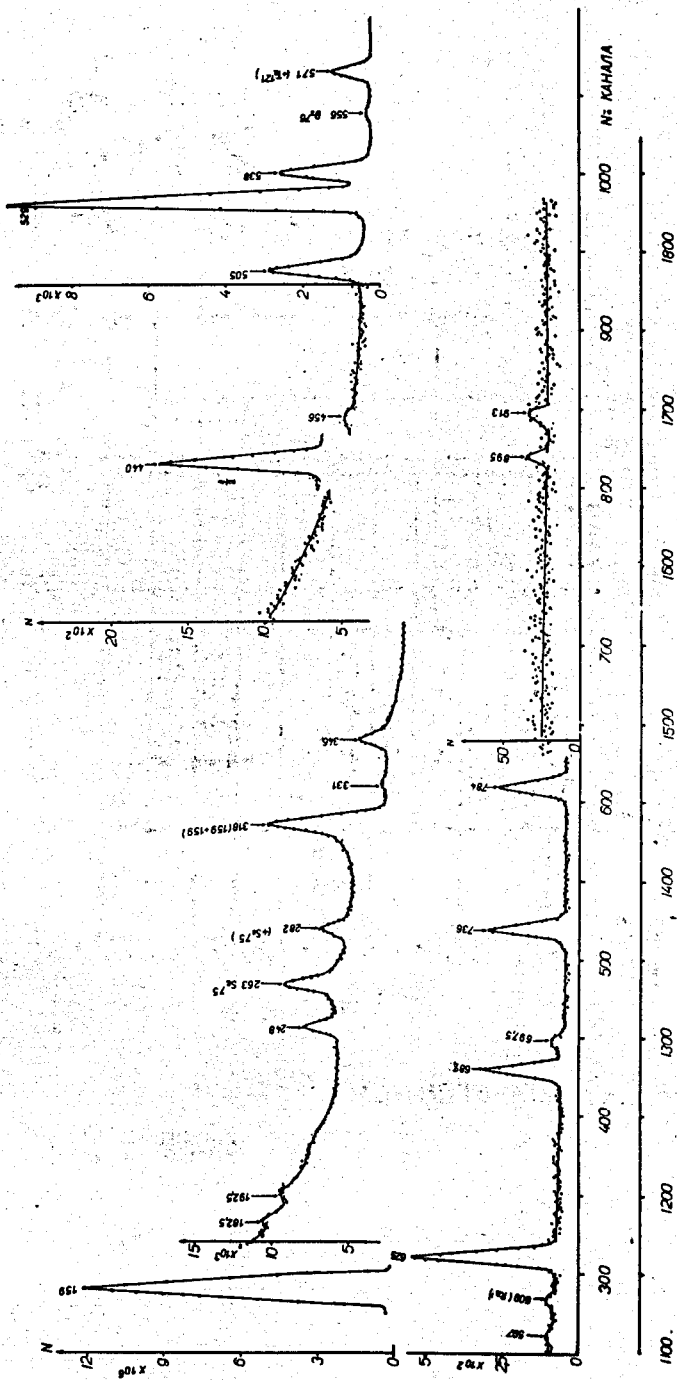


Рис.1. Спектр гамма-лучей ^{133}J (E в кэв).

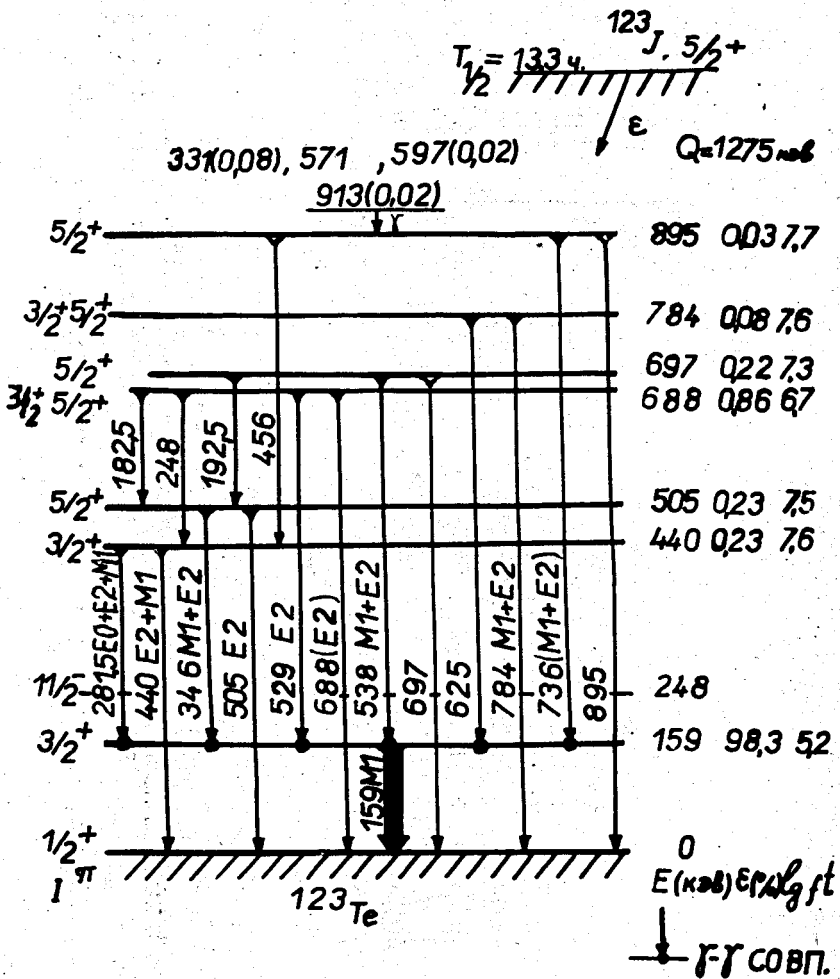


РИС.2. СХЕМА УРОВНЕЙ ^{123}Te .

Рис.2. Схема уровней ^{123}Te .