

С 341.16  
Б-817

14/VIII 65  
Nuel. Phys., 1966, v. 81, n 1,  
p. 225-232.

V

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2239



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Н.А. Бонч-Осмоловская, Ван Чан-жу, К.Я. Громов

О ТРЕХКВАЗИЧАСТИЧНОМ СОСТОЯНИИ В  $E_{\tau}^{165}$

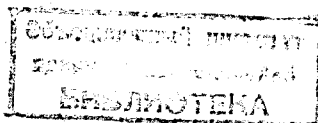
1965

P-2239

Н.А.Бодч-Осмоловская, Ван Чан-жу, К.Я.Громов

О ТРЕХКВАЗИЧАСТИЧНОМ СОСТОЯНИИ В Е: <sup>165</sup>

Направлено в Nuclear Physics



Целью настоящей работы являлось определение интенсивности  $\gamma$ -лучей, испускаемых при распаде  $Tm^{165}$ , в области энергий выше 1 Мэв, определение мультипольностей соответствующих  $\gamma$ -переходов, а также получение сведений о характеристике высоковозбужденного уровня 1428 кэв, который должен проявляться по предсказанию Соловьева<sup>/1/</sup> как трехквaziчастичное состояние.

До настоящих измерений сведения о  $\gamma$ -лучах  $Tm^{165}$  были получены на спитиляционных  $\gamma$ -спектрометрах, что явно недостаточно для изучения такого сложного спектра, каким является  $\gamma$ -спектр  $Tm^{165}$ .

В работе Звольской<sup>/2/</sup> измерялись  $I_\gamma$  некоторых  $\gamma$ -переходов по фотоэффекту, однако, в области энергий ниже 1 Мэв.

Сводка имеющихся данных разных авторов о  $\gamma$ -лучах  $Tm^{165}$  для  $E_\gamma > 1$  Мэв приведена в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Хойнацкий и др. <sup>/3/</sup>		Громов и др. <sup>/4/</sup>		Громов и др. <sup>/5/</sup>		Бьерихольм и др. <sup>/6/</sup>	
$E_\gamma$ кэв	$I_\gamma$	$E_\gamma$	$I_\gamma$	$E_\gamma$	$I_\gamma$	$E_\gamma$	$I_\gamma$
1172 $\pm$ 12	0,08	1170	0,19 $\pm$ 0,06	1180	0,08 $\pm$ 0,02	1130	0,1
1398 $\pm$ 12	0,02	-	-	1380	0,03 $\pm$ 0,01	1300	0,02
2007 $\pm$ 25	0,005	-	-	-	-	-	-

Переход 2007 кэв, обнаруженный в работе Хойнацкого и др.<sup>/3/</sup>, не был подтвержден в других исследованиях. Пелекис и др.<sup>/7/</sup>, исследуя фракцию  $Tm$ , полученную так же как и Хойнацким и др. при реакции глубокого отщепления на  $Ta$  ( $E_p = 660$  Мэв), обнаружили линию с энергией (1900 $\pm$ 100) кэв, которая, однако, убывала с  $T_{1/2} = (63 \pm 2)$  час.

По всей видимости, эта линия не может принадлежать  $Tm^{165}$ , ибо по результатам недавно появившейся работы<sup>/8/</sup> разность масс  $Tm^{165} - E_\gamma^{165}$  равна 1565 кэв.

Таблица 2

$E_\gamma$	Полная интенсивность переходов на 100 распадов <sup>19/</sup>
1132,8	2,9
1185,8	4,74
1248,0	0,04-0,1
1382,0	0,50
1428,5	2,20

Если сравнить таблицу 1 с данными по измерению конверсионных электронов <sup>18/</sup> (таблица 2), то видно, что сведения, полученные на сцинтилляционных спектрометрах довольно грубо передают истинную картину: линии 1132 кэв и 1185 кэв не разделены, значения энергий  $\gamma$ -переходов в разных работах сильно расходятся (1300 кэв у Бьерхольма, например, и 1388 кэв у Хойнацкого). Это естественно, так как разрешение сцинтилляционных спектрометров и последующее разложение линий не позволяют получить более точных сведений.

Мы предприняли попытку получить более точные данные о  $\gamma$ -лучах <sup>165</sup> Тм. Для этой цели использовался магнитный  $\gamma$ -спектрометр типа "элотрон", имеющий разрешение при энергии 1 Мэв 3%. В данном спектрометре регистрация осуществляется по комптон-электронам, выбиваемым  $\gamma$ -лучами из полиэтиленовой мишени.

Комптон-электроны фокусируются дважды: сначала однородным магнитным полем (положение входного окна 1-ой счетчиковой камеры находится в первом фокусе), потом полем, спадающим по закону  $H = k \left(\frac{1}{y}\right)$  и обеспечивающим улучшенную фокусировку пучка. Во втором фокусе находится счетчиковая камера, имеющая два счетчика, расположенных один за другим. Все три счетчика типа Гейгера-Мюллера включены в схему совпадений. Фон прибора мал: 0,5-0,1 совп./мин при энергиях  $\gamma$ -лучей выше 1 Мэв.

Фракция Тм выделялась хроматографически из танталовой мишени после облучения ее протонами  $E_p = 680$  Мэв в течение 10 часов. Источник приготавливался в алюминиевом стакане.

В обих проведенных опытах получились результаты, совпадающие в пределах погрешностей.  $\gamma$ -спектр, полученный в одном из опытов, приведен на рис. 1 (а, б), а соответствующие относительные интенсивности  $\gamma$ -переходов - в таблице 3.

Значения энергии  $\gamma$ -лучей в 1-ой колонке соответствуют нашим измерениям, в колонке 2-ой - измерениям спектра конверсионных электронов <sup>19/</sup>.

Таблица 3

$E_\gamma$ кэв	$E_\gamma$ кэв	$I_\gamma$ (1)	$I_\gamma$ (2)	$I_\gamma/I_{\gamma(1)}$	$I_\gamma/I_{\gamma(сорт)}$ (807)	$I_\gamma/I_{\gamma(сорт)}$ (ср)	$I_\gamma$ <sup>19/</sup>
—	792	9,9±5,8	12,9±7,5	0,40±0,25	0,505±0,307	0,45±0,192	0,42±0,13
805±10	807	24,5±5,6	25,4±4,7	—	—	—	17 ± 2
1127±13	1132,8	5,8±1,0	7,5±2,0	0,237±0,068	0,297±0,095	0,267±0,055	0,4±0,1
1170±17	1185	9,2±2,0	10,0±2,0	0,375±0,118	0,393±0,107	0,384±0,080	0,6±0,1
1375±18	1382	2,0±0,4	1,9±0,4	0,080±0,024	0,073±0,020	0,077±0,015	0,17±0,06
1427±13	1428	2,8±1,0	2,3±0,7	0,110±0,048	0,088±0,031	0,099±0,026	0,20±0,04

Таблица 4

$E_\gamma$ кэв	эксп. $10^3$	$a_k \cdot 10^3$ теорет.		
		E1	E2	E3
792	0,48±0,26	1,82	4,47	10,0
807	—	1,74	4,27	9,55
1132,8	0,78±0,27	0,91	2,14	4,37
1185	0,80±0,24	0,85	1,99	3,89
1382	1,14±0,41	0,64	1,48	2,82
1428,5	1,05±0,35	0,60	1,42	2,63

Значения  $I_\gamma$  (1),  $I_\gamma$  (2) в таблице 3 относятся соответственно к результатам 1-ого и 2-ого наших опытов.

Как видно из таблицы 3, получено достаточно хорошее согласие между значениями энергий  $E_\gamma$  в нашей работе и по измерениям электронов конверсии.

Для определения экспериментальных коэффициентов конверсии за основу был взят переход 807 кэВ, мультипольность которого известна как  $M1^{18/}$ . Соответственно,  $I_K$  были взяты из работы <sup>18/</sup>. Экспериментальные значения  $a_K$  приведены в таблице 4.

Рассмотрим наши результаты

1)  $E_\gamma = 792$  кэВ.

Что касается перехода 792 кэВ, то после разложения  $\gamma$ -спектра в обих опытах мы получили сходные результаты для относительной интенсивности этого перехода. Однако экспериментальный коэффициент конверсии для него получился много меньше всех теоретических значений  $a_K$ , даже для самых низших мультиполей.

Видимо, это связано с трудностями разложения: относительно слабая линия  $E_\gamma = 792$  кэВ целиком находится на фоне сильной линии 807 кэВ.

В схеме распада  $Tm^{165}$ , приведенной в работе <sup>18/</sup>, переход  $E_\gamma = 792$  кэВ не удалось разместить.

2)  $E_\gamma = 1132$  кэВ.

Согласно схеме распада  $Tm^{165}$  (рис. 2); предложенной в работе Звольской <sup>18/</sup>,  $\gamma$ -переход 1132 кэВ идет с уровня 1428 кэВ на уровень 298 кэВ.

Коэффициент конверсии, полученный в нашей работе, равен  $a_K^{эксп} = (0,780 \pm 0,27) 10^{-3}$ . Из сравнения  $a_K^{эксп}$  с теоретическими значениями  $a_K$  (см. таблицу 4) однозначно следует вывод, что мультипольность перехода 1132 кэВ будет типа  $E1$ , а, следовательно, учитывая, что распад идет на уровень 298 кэВ со спином  $5/2^-$ , получаем характеристику уровня 1428 кэВ как  $3/2^+$ ,  $5/2^+$  или  $7/2^+$ .

3)  $E_\gamma = 1185$  кэВ.

Переход  $E_\gamma = 1185$  кэВ идет с уровня 1428 кэВ на уровень 243 кэВ (рис. 2). Экспериментальный коэффициент конверсии получился равным  $(0,80 \pm 0,24) \cdot 10^{-3}$ . Очевидно, что мультипольность перехода 1185 кэВ будет  $E1$ . Так как спин уровня 243 кэВ есть  $3/2^-$ , то при мультипольности излучения  $E1$  должен иметь место переход типа

$$\begin{aligned} & 1/2^+ \\ & 3/2^+ \rightarrow 3/2^- \\ & 5/2^+ \end{aligned}$$

Суммируя возможности для переходов 1132 и 1185 кэВ делаем вывод, что если оба перехода идут с одного уровня 1428 кэВ, то спины  $1/2^+$ ,  $7/2^+$  должны быть исключены, как несовместимые для мультипольности обоих переходов. Таким образом, характеристикой уровня 1428 кэВ может быть либо спин  $3/2^+$ , либо  $5/2^+$ .

4)  $E_\gamma = 1382$  кэВ.

Для перехода 1382 кэВ получен коэффициент конверсии  $a_K^{эксп} = (1,14 \pm 0,41) 10^{-3}$ . В этом случае соответствующая данному переходу мультипольность может быть  $E1$ ,  $E2$  или смесь  $E1$  (40%) +  $M2$  (60%) (см. таблицу 4). Переход 1382 кэВ осуществляется между уровнями с одинаковыми четностями (рис. 2), что соответствует и нашим данным.

Следовательно, мультипольность  $E1$  или смесь  $E1 + M2$  исключается. Таким образом, для перехода 1382 кэВ мы принимаем мультипольность  $E2$ .

5)  $E_\gamma = 1428$  кэВ.

Прямой переход 1428 кэВ идет на основное состояние  $E1^{165}$ . Экспериментальное значение  $a_K^{эксп}$  получено равным  $a_K^{эксп} = (1,05 \pm 0,35) 10^{-3}$ . Теоретические значения  $a_K$  равны:

$$\begin{aligned} a_K^T(E1) &= 0,803 \cdot 10^{-3}; & a_K^T(E2) &= 1,42 \cdot 10^{-3} \\ a_K^T(M1) &= 2,24 \cdot 10^{-3}; & a_K^T(M2) &= 5,5 \cdot 10^{-3}. \end{aligned}$$

Таким образом, возможны следующие мультипольности для этого перехода:  $E1$ , смесь  $E1$  (45%) +  $M2$  (55%), либо  $E2$ . Однако поскольку спин основного состояния  $E1^{165}$  есть  $5/2^-$ , а уровень 1428 кэВ должен иметь положительную четность (на основании изложенного выше), то мультипольность  $E2$  отпадает и остается мультипольность либо  $E1$ , либо смесь  $E1$  (45%) +  $M2$  (55%).

В этом случае переход может осуществляться между состояниями:

$$\begin{aligned} & 3/2^+ \\ & 5/2^+ \rightarrow 5/2^- \\ & 7/2^+ \end{aligned}$$

Спин  $7/2^+$  не может являться характеристикой уровня 1428 кэВ, это противоречит мультипольности перехода 1132 кэВ. Следовательно, мы должны принять, что спин уровня 1428 кэВ есть  $3/2^+$ , либо  $5/2^+$ . Приведем соображения в пользу  $3/2^+$ .

Спин основного состояния  $Tm^{165}$  должен быть равен  $1/2^+$ . Доказывается это следующим образом: по диаграмме Нильсона состояние 88-го протона  $69Tm^{163}$ ,  $69Tm^{167}$ ,  $69Tm^{169}$  описывается как состояние  $1/2^+ / 411$ . Спины  $69Tm^{167}$ ,  $69Tm^{169}$  измерены <sup>10,11/</sup> и были найдены действительно равными  $1/2$ . Однако в диаграмме Нильсона состояние  $1/2^+ / 411$  при параметре деформации  $\sigma = 0,3$  близко к состоянию  $7/2^- / 523$ . Эту дилемму однозначно решает величина  $\log ft = 8,5$ , полученная <sup>18/</sup> для  $\beta$ -перехода с основного уровня  $Tm^{165}$  на уровень 298 кэВ  $1/2$ ,  $1/2^- / 521$  (наиболее интенсивный  $\beta$ -переход при распаде  $Tm^{165}$ ). Если спин основного состояния  $Tm^{165}$  был бы  $7/2^-$ , мы имели бы дважды запрещенный  $\beta$ -переход и его

$\log ft$  был бы равен 10-13. Итак, принимаем за характеристику основного состояния  $T_{1/2}^{165}$  спина  $1/2^+$ .

В недавно вышедшей работе Прейбиза и др. /8/ на основании измерения полной энергии  $T_{1/2}^{165} - E_{\gamma}$  сделана оценка вероятности для  $\beta$ -перехода с основного состояния  $T_{1/2}^{165}$  на уровень 1428 кэВ. Соответствующий  $\log ft$  оказался равным 5,1. Это означает, что осуществляется  $\beta$ -переход типа "au", для которого  $\log ft$  4,5-5,0, и поскольку характеристикой основного состояния  $T_{1/2}^{165}$  является  $1/2^+$ , то уровень 1428 кэВ должен иметь спин  $1/2^+$  или  $3/2^+$ . Однако  $1/2^+$  исключается нашими данными, по которым спин 1428 кэВ должен быть  $3/2^+$  или  $5/2^+$ . Имея в виду  $\log ft = 5,1$ , спин  $5/2^+$  следует также исключить, так как в этом случае имел бы место  $\beta$ -переход второго порядка запрещения ( $1/2^+ \rightarrow 5/2^+$ ) и его  $\log ft$  равнялся бы 10-13.

Таким образом, на основании работы /8/ и наших измерений можно сделать вывод, что характеристикой уровня 1428 кэВ является спин  $3/2^+$ . Дополнительно следует отметить, что полученное в работе /8/ значение  $\log ft = 5,1$  свидетельствует о том, что это состояние (уровень 1428 кэВ) будет трехквартичным /1/. Если бы оно было одноквартичным, то  $\beta$ -переход в него был бы типа "ab" и имел бы  $\log ft \geq 6,0$ .

### Л и т е р а т у р а

1. В.Г. Соловьев. ЖЭТФ, т.43 вып. 47, 248 (1982).
2. К.Я. Громов, Б.С. Дзюлепов, В.Звольска, И.Звольский, А.В. Золотавин, З.Э. Пелекис, Л.Л. Пелекис. Изв. АН СССР, сер. физ. 27, 195 (1983).
3. С. Хойнацкий, А. Ясниский, Я. Ковнацкая, Г. Ланцман, В. Зельска, И. Ютландов. Материалы II совещания по нейтронодефицитным изотопам редких земель. Препринт ОИЯИ 475, Дубна, 1959.
4. К.Я. Громов, Б.С. Дзюлепов, А.Г. Дмитриев, В.А. Морозов, К.И. Яковлев. ИАН СССР, сер. физ. 24, 272 (1980).
5. К.Я. Громов, Б.С. Дзюлепов, В.Звольска, И.Звольский, А.В. Золотавин, Л.Л. Пелекис, З.Э. Пелекис. Изв. АН СССР, сер. физ. 27, 195 (1983).
6. S.Vjornholm, H.L.Nielsen, O.V.Nielsen, G.Sidenius, O.Skilbreid, A.Svanheden, J. of Nucl. Chem., 21, No. 3/4 (1961).
7. К.Я. Громов, И.В. Меднис, З.Э. Пелекис, Л.Л. Пелекис. Доклад на IV совещании по ядерной спектроскопии. Дубна (1982).
8. Z.Preibisz, W.Kurcewicz, K.Stryczniewicz, J.Zylicz. Phys. Lett., 14, No. 3 (1965).
9. В.Звольска. Кандидатская диссертация ОИЯИ, Дубна (1983).
10. P.H.Stelson, F.K.McGowan. Phys. Rev., 121, 224 (1961).
11. J.E.Mack. Rev. Mod. Phys., 22, 64 (1950).

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 июня 1985 г.

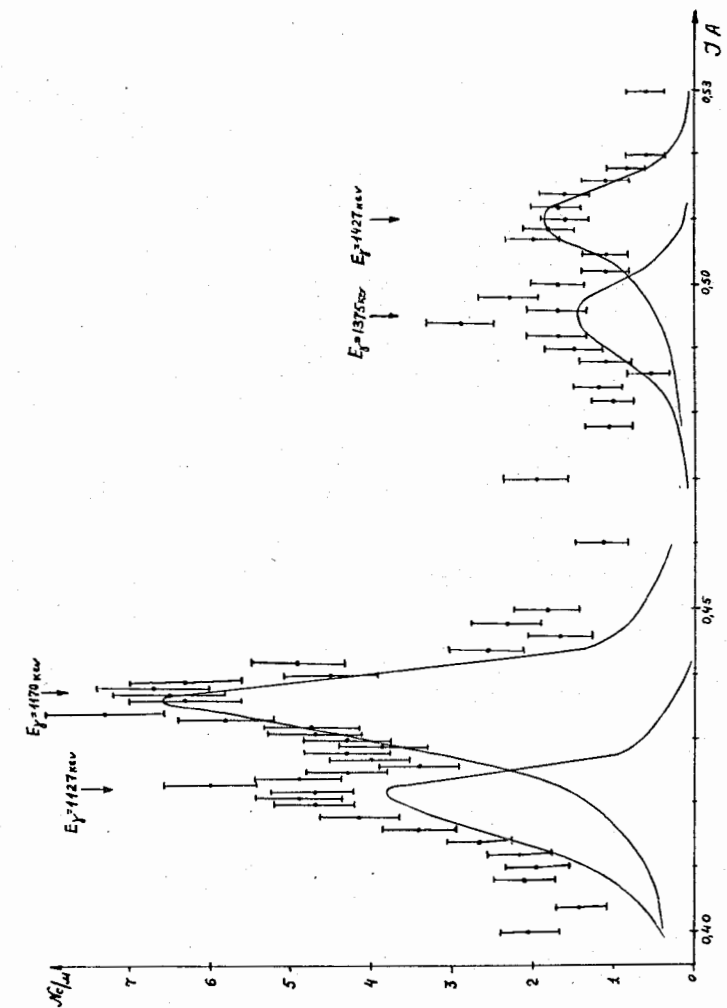


Рис. 1-а.  $\beta$ -спектр  $T_{1/2}^{165}$  в области энергий от 1050 до 1500 кэВ. Точки соответствуют измеренным значениям, сплошные линии получены в результате разложения спектра.

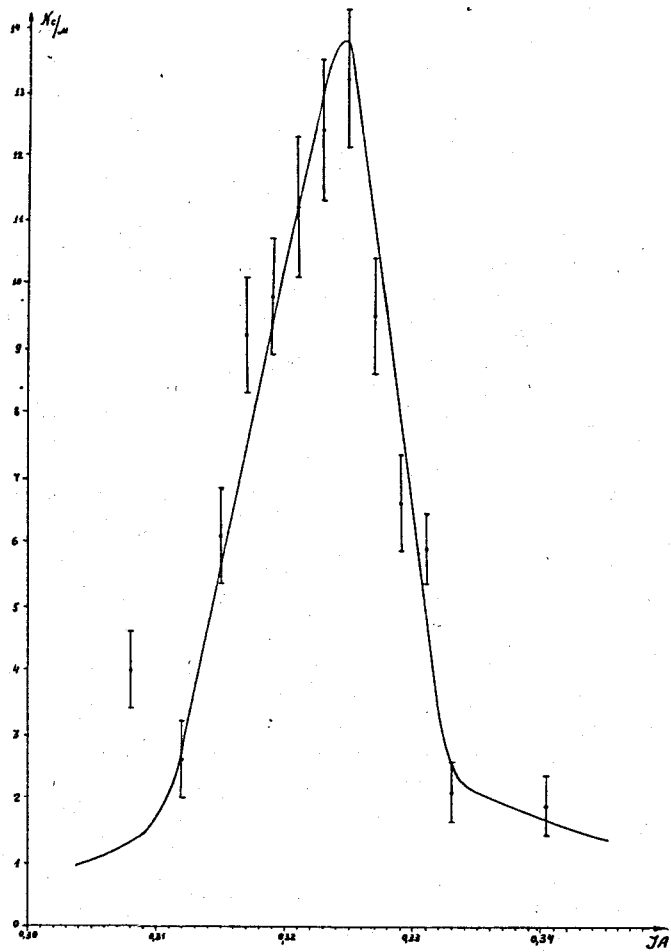
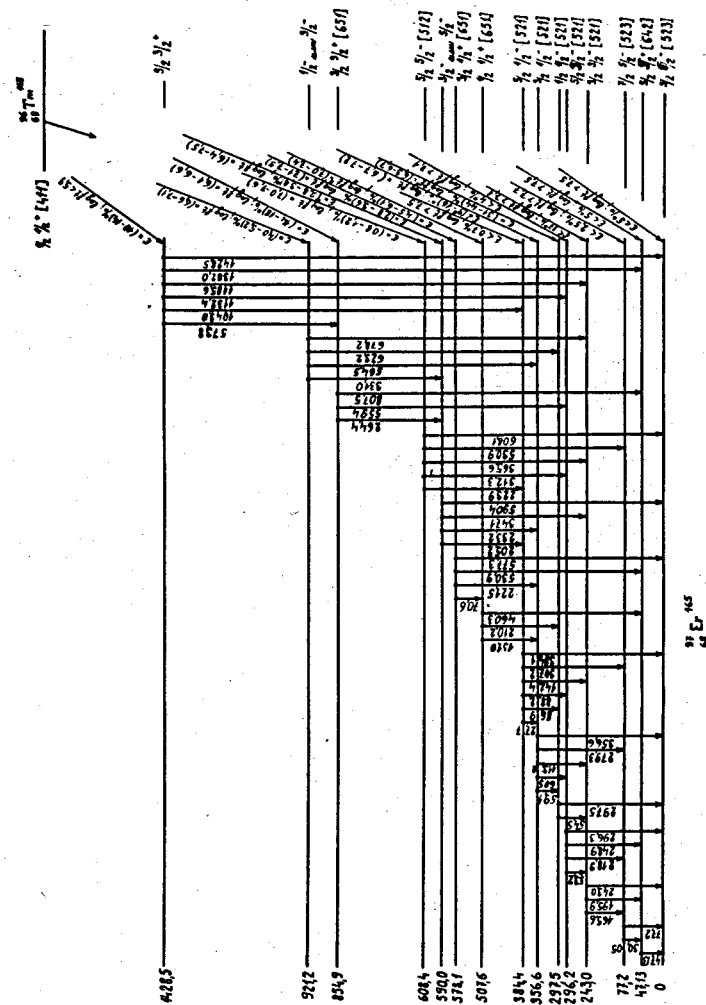


Рис. 1-б.  $\gamma$ -переход в  $Tm^{165}$  с энергией 807 кэв.



$^{165}Tm$

Рис. 2. Схема распада  $Tm^{165}$ , предложенная в работе /8/.