

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



46-069

19/vii-76

A-139

6 - 9622

2731/2-76

А.А.Абдуразаков, И.Адам, М.Гонусек, К.Я.Громов,
Т.А.Исламов, И.Ржиговска, Х. Штрусный

ВОЗБУЖДЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ ^{163}Er
ПРИ РАСПАДЕ ^{163}Tm

1976

6 - 9622

А.А.Абдуразаков, И.Адам, М.Гонусек, К.Я.Громов,
Т.А.Исламов, И.Ржиковска, Х. Штрусный

ВОЗБУЖДЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ ^{163}Er
ПРИ РАСПАДЕ ^{163}Tm

Направлено в "Известия АН СССР" /сер. физ./

Возбужденные состояния ядра ^{163}Er изучались: в реакциях (d,p) и (d,t) Тьомом и Элбеком¹², в реакции ($\alpha,2n\gamma$) Хьертом и др.¹³, при распаде ^{163}Tm в работах³⁻⁷. Спин основного состояния ^{163}Tm был измерен в⁸, он равен 1/2. Результаты исследований бета-распада ^{163}Tm ^{3,7} и ^{163}Yb ⁹ показывают, что основному состоянию ^{163}Tm следует приписать характеристики 1/2⁺ 7411/.

В настоящей работе продолжены исследования бета-распада ^{163}Tm . Изучены спектры γ -лучей, конверсионных электронов и γ - γ -совпадений. Предварительные результаты этих исследований опубликованы в^{10,11}.

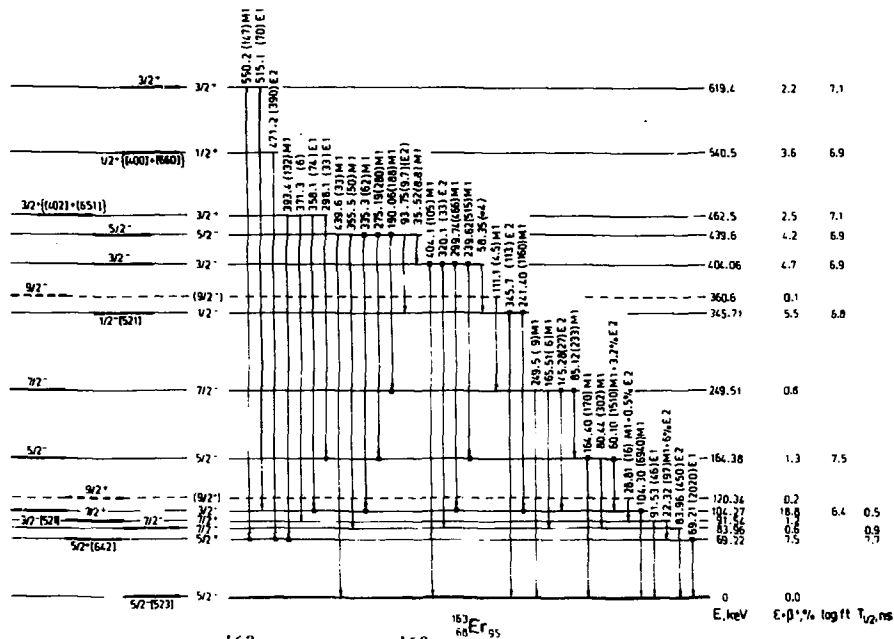
Условия экспериментов. Результаты

Изотоп ^{163}Tm получался в реакции расщепления тантала протонами с энергией 680 МэВ. Интенсивность внутреннего протонного пучка синхроциклотрона ОИЯИ составляла 2,3 мкА. После облучения танталовых мишеней производилось выделение элементов группы редких земель, которые разделялись хроматографическим методом¹². Активность тулия использовалась для измерений спектров конверсионных электронов на бета-спектрографах с постоянным однородным магнитным полем^{13,14} и разрешающей способностью 0,03-0,07%.

В измерениях спектров γ -лучей и γ - γ -совпадений применялись радиоактивные источники ^{163}Tm , полученные разделением изотопов тулиевой фракции на электромагнитном масс-сепараторе¹⁵. Исследования спектров выполнены с помощью Ge(Li)-детекторов с чувствительными объемами 1 см³/разрешение 0,6 кэВ для γ -пере-

хода 122 кэВ/ и 38 см³/разрешение 3,5 кэВ для γ -перехода 1332 кэВ/. После накопления спектров в 4096-канальном амплитудном анализаторе производилась их обработка с помощью систем со световым карандашом и электронных вычислительных машин^{/16,17/}. Гамма-гамма-совпадения были измерены с помощью двух Ge(Li)-детекторов с объемом 22 и 25 см³ и энергетическим разрешением 5 кэВ для перехода с энергией 1332 кэВ. Была использована система двумерных совпадений с цифровыми окнами^{/17/}. Временное разрешение схемы совпадений составляло 170 нс.

В табл. 1 представлены результаты исследования спектров γ -лучей и конверсионных электронов; определены мультипольность переходов и их полные интенсивности. Шкалы относительных интенсивностей γ -лучей и конверсионных электронов согласованы с использованием теоретического значения $a_k(M1) = 2,06$ для перехода 104,3 кэВ. Мультипольность этого перехода - $M1 + < 1,0\%$ E2 определена при сравнении наших экспериментальных и теоретических^{/18/} отношений интенсивностей $K/L_1, L_1/L_2, L_2/L_3, M_1/M_2$ и M_1/M_3 конверсионных линий. Относительные интенсивности в табл. 1 выражены в единицах, установленных в предположении, что полная интенсивность всех γ -переходов, идущих в основное состояние ¹⁶³Eg /см. схему рис. 1,2/, равна 10 000. Принимая интенсивность бета-распада в основное состояние ¹⁶³Eg малой, можно считать, что 10 000 единиц соответствуют полному числу распадов ¹⁶³Tm. Указанные в табл. 1 ошибки в определении энергий и относительных интенсивностей γ -лучей являются среднеквадратическими и включают в себя как случайные ошибки, так и ошибки калибровочной процедуры. Погрешности в определении относительных интенсивностей линий конверсионных электронов не превышают 30%. Для относительных интенсивностей близких по энергии линий погрешности меньше. Ошибки в измерении интенсивностей конверсионных линий с энергией менее 30 кэВ могут достигать 50%. Полные интенсивности γ -переходов вычислялись с использованием измеренных интенсивностей



5

Рис. 1. Схема распада ^{163}Tm . Уровни $^{163}\text{Er}_{95}$ с энергией до 620 кэВ.

γ -лучей и теоретических коэффициентов внутренней конверсии для мультипольностей, указанных в столбце 10 табл. 1. Мультипольности переходов были установлены сравнением экспериментальных значений a_K с расчетными величинами коэффициентов внутренней конверсии на К-оболочке или сравнением отношений интенсивностей электронов внутренней конверсии ($K/L_1, L_1/L_2, L_2/L_3, M_1/M_2, M_1/M_3$) с расчетными значениями этих величин¹⁸. Результаты измерений γ - γ -совпадений даны в табл. 2, они служили основой для построения схемы распада ^{163}Tm /см. рис. 1 и 2/. Всего при распаде ^{163}Tm обнаружено 235 γ -переходов /ранее⁶ было известно 130/, мультипольность определена для 148 γ -переходов /ранее⁶ для 95/. Изомерного состояния ^{163}Tm с $T_{1/2} = 11$ мин, о котором сообщалось в¹⁹, мы не наблюдали.

Схема распада ^{163}Tm

На рис. 1 и 2 изображена предлагаемая нами схема распада ^{163}Tm . Возбужденные состояния ^{163}Er мы вводим только на основе результатов опытов по γ - γ -совпадениям. На рисунках γ -переходы, для которых уверенно /предположительно/ установлены совпадения с другими γ -переходами отмечены черными /светлыми/ кружками. В связи с этим из 35 возбужденных состояний ^{163}Er , предлагаемых в^{5,6}, на рис. 1,2 изображено лишь 18. Мы впервые вводим возбужденные уровни с энергией 735,3; 1514,2; 1569,7 и 1593,0 кэВ. В схеме распада размещено 74 γ -перехода. Полная интенсивность неразмещенных 180 переходов составляет 16% от суммарной интенсивности γ -переходов, указанных в табл. 1, или ~40% от полного числа распадов ^{163}Tm . Используя оценки интенсивности заселения уровней ^{163}Er и значение энергии распада ^{163}Tm , равное по²⁰ 2,4 МэВ, мы вычислили нижние пределы значений $\log ft$ для бета-распада и электронного захвата /см. рис. 1,2/.

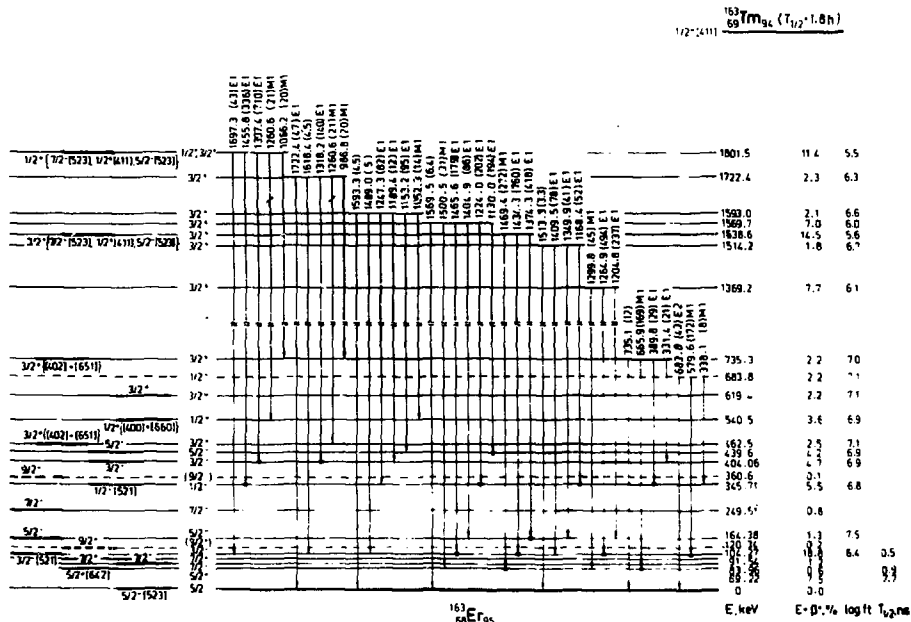


Рис. 2. Схема распада ^{163}Tm . Уровни ^{163}Er с энергией больше 620 кэВ.

Спин, четность и асимптотические квантовые числа основного состояния ^{163}Er , $5/2^-/523/$, были однозначно установлены при изучении β -распада $^{163}\text{Er} \rightarrow ^{163}\text{Ho}^{21/}$. Значение спина $-5/2$ было подтверждено прямыми измерениями $^{22/}$. Согласно расчетам $^{23/}$, состояние $5/2^-/523/$ является для ^{163}Er основным, если параметры деформации равны $\epsilon_2 = 0,252$ и $\epsilon_4 = -0,007$. Магнитный момент и внутренний квадрупольный момент основного состояния ^{163}Er определены Экстремом и др. $^{24/}$: $\mu = 0,56 \pm 0,03$ яд. магн. и $Q_0 = 6,15 \pm 0,55$ барн. Внутренний квадрупольный момент этого состояния, равный $Q_0 = 7,3 \pm 0,7$ барн, измерен также в $^{27/}$. Ротационные уровни одноквазичастичных состояний $5/2^-/523/$, $3/2^-/521/$ и $1/2^-/521/$ наблюдались при распаде $^{163}\text{Tm}^{3,6/}$, а также в ядерных реакциях (d,p) и (d,t) $^{1/}$. При исследовании реакции (α , 2n γ) в $^{2/}$ были обнаружены развитые ротационные полосы состояний $5/2^-/523/$, $3/2^-/521/$ и $11/2^-/505/$, но не наблюдалась вращательная полоса состояния $1/2^-/521/$. В $^{1/}$ вводятся также ротационные уровни состояний $5/2^-/512/$, $1/2^-/530/$ и $1/2^-/510/$, которые в других экспериментах не проявились.

Основное состояние $5/2^-/523/$. При бета-распаде ^{163}Tm возбуждается только первый ротационный уровень с $E_{\text{ур}} = 83,96$ кэВ и $1^\pi = 7/2^-$. Мультипольность перехода $83,96$ кэВ - E2 с небольшой возможной примесью M1. В ядерных реакциях $^{1,3/}$ наблюдаются члены вращательной полосы этого состояния вплоть до уровня со спином $11/2$.

Состояние $3/2^-/521/$ с энергией $104,27$ кэВ. При распаде ^{163}Tm наблюдаются все возможные внутривосходящие переходы, возникающие при разрядке уровней $5/2^-$ и $7/2^-$ этой полосы, а также переходы на уровни $7/2^-$ и $5/2^-/523/$. Определены мультипольности всех этих переходов. Мы наблюдаем переход с энергией $111,7$ кэВ мультипольности M1. Он может происходить между уровнями $9/2$ и $7/2$ рассматриваемой полосы, в тогда энергия уровня $9/2$ $3/2^-/521/$ равна $360,6$ кэВ. В реакции (d,t) обнаружен уровень с близкой энергией: 359 кэВ, которому приписаны квантовые числа $9/2$ $3/2^-/521/$.

Ротационная полоса состояния $1/2^-/521/$ с энергией 345,7 кэВ в ядерных реакциях (d, p) и (d, t) наблюдалась до уровня этой полосы со спинами $1/2$, $3/2$ и $5/2$. В настоящей работе обнаружены γ -переходы 35,32 кэВ (M1) и 93,75 кэВ (E2), которые являются внутриполосными переходами, разряжающими уровень $5/2^-$ $1/2^-/521/$ с энергией 439,6 кэВ. Таким образом, при распаде ^{163}Tm наблюдаются все внутриполосные переходы между уровнями $1/2$, $3/2$ и $5/2$ рассматриваемой полосы и γ -переходы на вращательные уровни состояний $5/2^-/523/$ и $3/2^-/521/$. Определены мультипольности всех этих переходов.

Ротационная полоса состояния $5/2^+/642/$ с энергией 69,22 кэВ наблюдалась до уровня со спином $29/2^+$. В ядерных реакциях (d, p) и (d, t) возбуждались уровни $5/2^+$, $7/2^+$ и $9/2^+$ этой полосы. При бета-распаде обнаружены уровни со спином и четностью $5/2^+$, $7/2^+$ и, вероятно, $9/2^+$. Нами была определена мультипольность внутриполосных переходов 22,32 кэВ / M1 + 6% E2 / и 28,81 кэВ / M1 + 0,5% E2, разряжающих уровни $7/2^+$ и $9/2^+$ этой полосы.

Состояние $3/2^+/402/+/651/$ с энергией 462,5 кэВ было обнаружено в ядерных реакциях (d, p) и (d, t). Данное состояние заселяется и при бета-распаде. Нами впервые были найдены переходы с энергией 298,1 кэВ - E1 и 371,3 кэВ, разряжающие уровень с энергией 462,5 кэВ. Мы определили мультипольности переходов 358,1 кэВ - E1 и 393,4 кэВ - M1, связанных с рассматриваемым состоянием. Ротационная полоса, выстроенная над уровнем 462,5 кэВ, не наблюдалась.

Состояние $1/2^+/400/+/660/$ с энергией 540,5 кэВ установлено в ядерных реакциях (d, p) и (d, t). Оно возбуждается и при бета-распаде ^{163}Tm . Нами определена мультипольность перехода 471,2 кэВ - E2 с этого уровня на уровень 69,22 кэВ, $5/2^+/642/$. Предполагается, что уровень 619,4 кэВ с $1^\pi = 3/2^+$ принадлежит к вращательной полосе данного состояния.

Второе состояние $3/2^+/402/+/651/$ с энергией 735,3 кэВ обнаружено нами впервые. Оно введено на

основе совпадений переходов 665,9 кэВ с 69,21 кэВ и 389,8 кэВ с 345,7 кэВ. Спин и четность рассматриваемого уровня определены однозначно на основе установленных мультипольностей γ -переходов.

Уровни трехквартичного мультиплета $5/2^- / 5/2^3 /$, $7/2^- / 5/2^3 /$ $1/2^+ / 411 /$ с энергией 1538,6 кэВ - $K^\pi = 3/2^+$ и 1801,5 кэВ - $K^\pi = 1/2^+$ рассматривались в работах ^{15,6/}. Нами подтверждается их введение на основе измерения γ - γ -совпадений. Дополнительно установлено, что уровень с энергией 1801,5 кэВ разряжается переходами 1697,3 кэВ - $E1$, 1066,2 кэВ - $M1$ и, вероятно, 1260,6 кэВ - $M1$. Введены новые уровни с энергией 1514,2; 1569,7 и 1593,0 кэВ со спином и четностью $3/2^+$. Ввиду близости их к трехквартичному уровню 1538,6 кэВ с $K^\pi = 3/2^+$ следует ожидать, что их волновая функция имеет значительную примесь трехквартичной компоненты. Отметим, что переход с уровня $3/2^+$ 1569,7 кэВ на уровень $3/2^- / 5/2^1 /$ - 404,06 кэВ не обнаружен. Его возможная интенсивность меньше $1/5$ интенсивностей переходов на уровни $1/2^-$ и $5/2^-$ той же полосы. Возможные объяснения этого явления даны в работах ^{25,26/}.

Тот факт, что из 235 γ -переходов в схеме распада /рис. 1,2/ размещено только 74 перехода, показывает, что при распаде ^{163}Tm возбуждается еще много слабо заселяемых уровней ^{163}Er . Для построения более полной схемы распада ^{163}Tm необходимы дополнительные исследования. Важно повысить точность определения энергий и интенсивностей переходов, продолжить исследование γ - γ -совпадений, более точно определить энергию распада и т.д. Исследования распада ^{163}Tm будут продолжены в нашей лаборатории.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность профессорам В.П.Джелепову и Г.Музиолу за поддержку настоящих исследований, Н.И.Пятову и М.И.Базнату за полезные дискуссии, Н.А.Лебедеву за проведение радиохимических работ и И.И.Громовой за изготовление масс-сепарированных источников.

Таблица I

Энергии γ -переходов и относительные интенсивности γ -лучей и конверсионных электронов при распаде ^{163}Tm

$E_\gamma(\Delta E_\gamma)$, кэВ	$I_\gamma(\Delta I_\gamma)$	I_K	I_L	I_{LII}	I_{LIII}	I_{MI}	I_{MII}	I_{MIII}	Мультипольн.	$I_{\text{полн.}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22,32(2) а)			10	20	30				$M1+6\% E2$	97
28,81(3) а)			10	3	~ 2	3	0,8		$M1, 0,5\% E2$	16
35,52(3) а)			6	0,8					$M1$	8,8
58,35(3) а)			~ 2							~ 4
60,10(3) а)	114(20)		112	32	28	32	8	7	$M1+3,2\% E2$	1510
63,67(5)	10,3(16)	~ 7	1						$E1$	21
69,21(4) а)	1090(100)	500	50	13	20	14	4	6	$E1$	2020
72,83(4)	9(2)	10							$E1$	25
77,98(5)	8,5(15)	4							$M1$	14
80,44(3) а)	47(5)	110	20	~ 2	$< 0,4$				$M1$	302
83,96(3) а)	65(8)	80	9,4	62	56				$E2$	450
85,12(4) а)	35(4)	80	9	1,6	1				$M1$	233
91,53(4) а)	33(4)	8							$E1$	46
93,75(10) а)	2,3	2							($E2$)	9,7
96,35(10)	4,0(14)	≈ 1							$E1$	6
97,41(7)	10,7(18)	~ 40							($M1$)	45
98,29(7)	9,1(17)	1,2							$E1$	12
104,30(4) а)	1940(200)	4000	560	42	8				$M1$	6940
111,10(15) а)	1,3(7)	2							$M1$	4,5

Таблица I (продолжение)

Е _г (ΔЕ _г) кэВ	Г _г (ΔГ _г)	I _K	I _{L I}	I _{L II}	I _{L III}	Мультипольность	I _{тотал}
358,1(2) а)	72(6)	1,4	0,2			E1	74
371,3(5) а)	6(2)						6
376,9(3)	14(4)	0,8				M1	15
389,8(2) а)	29(4)	0,3				E1	29
393,4(2) а)	124(20)	8	1,2	0,2		M1	132
404,1(2) а)	99(20)	4,4	0,8	0,4	0,2	M1	105
411,8(3)	16(3)	0,6				E2, M1	
422,4(4)	16(4)						
433,3(3)	9(4)	0,3				E2, M1	
434,8(2)	49(6)	2,6	0,6	0,2		M1	52
439,6(3) а)	31(4)	1,2				M1	33
454,7(4)	22(3)	0,4				E2	23
456,7(2)	12(4)	1				M1	13
462,0(2)	56(6)	4	0,6			M1	58
469,8(2)	52(10)	0,4				E1	52
471,2(2) а)	380(40)	9,8	1,5	0,5	0,24	E2	390
473,7(2)	23(6)	0,6				E2, M1	
484,0(2)	23(8)	0,8				M1	
491,0(6)	5(2)						
493,6(5)	13(5)						
500,4(8)	8(3)						

Таблица I (продолжение)

$E_{\gamma}(\Delta E \gamma)$ кэВ	$I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})$	I_K	I_{L_I}	$I_{L_{II}}$	Мульти- польность
504,9(2)	85(10)	3,2	0,4		MI
515,1(3) a)	70(10)	0,2			EI
528,3(4)	13(6)	0,1			E1, E2
529,9(3)	27(6)	0,5			MI
539,7(5)	5(2)	0,08			E2, MI
550,2(3) a)	147(16)	3,6	0,4	0,06	MI
552,9(3)	90(10)	1			E2
573,2(3)	25(8)	0,6			MI
579,6(2) a1)	172(18)	5	0,8	<0,2	MI
595,7(3)	20(6)				
598,7(3)	20(6)	~ 0,06			E1
607,1(4)	12(4)	~ 0,04			E1
612,9(3)	83(14)	0,6			E2
614,9(3)	35(8)	0,3			E2
633,4(4)	15(6)	~ 0,06			E1
655,6(3)	73(12)	1,4	0,2		MI
662,2(6)	28(7)				
665,9(2) a1)	169(18)	2,6	0,4		MI
674,8(5)	16(6)				
683,8(4) a)	43(12)	0,2			E2
687,6(4)	20(6)	0,12			E2
691,5(3)	49(16)	0,3			E2
697,0(6)	12(4)				
710,7(4)	7(2)				
714,1(5)	7(2)	~ 0,06			E2, MI
717,4(3)	17(3)				
727,3(3)	7(3)				
732,0(4)	8(3)	0,1			MI
735,1(3) a)	12(3)				
742,5(5)	6(2)	~ 0,04			E2
747,0(5)	6(2)	~ 0,08			MI
751,5(2)	41(6)	0,3			E2, MI
755,4(3)	25(3)	0,16			E2, MI
758,9(3)	25(3)	0,08			E1, E2
779,8(2)	74(12)	0,3			E2
782,3(5)	21(8)	0,24			MI
790,0(3)	28(6)				

Таблица I (продолжение)

$E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})$ кэВ	$I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})$	I_K	Мультипольность
1	2	3	4
798,6(3)	16(4)	0,16	MI
803,6(3)	25(4)	0,28	MI
813,0(5)	13(3)	0,06	E2
829,0(7)	5(2)	~ 0,04	E2, MI
834,3(4)	40(5)	0,5	MI
837,6(7)	5(2)		
846,5(5)	14(4)	≈ 0,04	E1, E2
859,0(2)	29(6)	0,12	E2
872,5(5)	6(2)		
885,5(2)	40(5)	0,06	E1
894,2(2)	36(4)	0,24	MI
901,7(3)	9(3)		
906,9(2)	27(4)	0,08	E2
916,0(3)	18(3)	0,05	E2
928,7(6)	10(2)	0,06	MI
936,4(4)	10(2)	0,03	E2
940,6(2)	45(6)	0,1	E2
945,2(2)	70(8)	0,2	E2
950(4)	15(4)	0,12	MI
957,3(8)	2(1)		
961,0(6)	6(2)		
975,5(4)	33(6)	0,1	E2
986,8(4) ^{a)}	20(3)	0,1	MI
990,2(6)	10(2)	≈ 0,03	E1, E2
995,3(4)	18(3)	0,12	MI
1004,6(4)	18(2)	≈ 0,02	E1
1011,3(6)	8(2)	≈ 0,02	E1, E2
1014,8(6)	8(2)	~ 0,02	E2
1018,8(6)	7(2)	≈ 0,16	E1, E2
1022,5(7)	5(2)	0,02	E2, MI
1028,9(5)	16(3)	0,08	MI
1033,1(5)	16(3)	0,02	E1
1036,2(6)	15(3)	0,04	E2
1039,2(6)	10(2)	0,02	E2

Таблица I (продолжение)

1	2	3	4
1042,6(5)	15(3)	0,06	MI
1046,5(5)	14(3)	0,03	EI, E2
1052,3(5) a)	14(2)	0,08	MI
1066,2(5) a)	20(4)	0,08	MI
1075,0(1)	80(10)	0,06	EI
1090,6(4)	27(3)	0,04	EI, E2
1099,1(1)	50(6)	0,04	EI
1108,0(7)	4,3(18)	~ 0,01	(E2)
1113,0(7)	9(3)		
1130,0(1) a)	194(22)	0,2	EI
1136,0(3)	58(6)	~ 0,03	EI
1142,3(1)	74(10)	0,07	EI
1153,2(1) a)	95(10)	0,08	EI
1168,4(2) a)	52(8)	0,04	EI
1175,8(2)	45(6)	0,07	EI, E2
1189,4(4) a)	12(3)	~ 0,01	EI
1192,2(4)	12(3)	0,03	E2
1204,8(1) a)	237(26)	0,22	EI
1212,4(6)	7(3)	0,015	E2
1224,0(1) a)	202(22)	0,18	EI
1239,8(6)	11(2)	~ 0,01	EI
1247,3(1) a)	82(10)	0,06	EI
1251,7(6)	16(3)	0,03	E2
1251,7(6)	16(3)	0,03	E2
1260,6(6) a)	21(6)	0,07	MI
1264,9(1) a)	494(52)	0,4	EI
1272,6(5)	15(3)	~ 0,015	EI
1285,6(3)	33(4)	0,08	E2, MI
1299,8(2) a)	45(6)	0,14	MI
1302,9(5)	21(4)	~ 0,02	EI
1306,6(6)	14(3)	0,02	EI, E2
1318,2(1) a)	140(16)	0,12	EI
1322,6(7)	8,7(2)	~ 0,02	EI, E2
1332,0(5)	11(2)	~ 0,02	E2
1338,5(5)	9(2)		
1349,9(1) a)	41(6)	0,03	EI
1365,0(9)	4,7(2)		
1374,3(1) a)	418(26)	0,28	EI
1386,9(3)	100(20)	0,08	EI

Таблица I (продолжение)

$E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})$ кэВ	$I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})$	I_K	I_{L_I}	Мультипольность
I397,4(1) а)	710(100)	0,6	0,1	E1
I404,9(4) а)	86(28)	0,05		E1
I409,5(5) а)	78(20)	0,06		E1
I422,8(5)	6(2)	0,01		M1
I434,3(1) а)	760(80)	0,6	0,14	E1
I446,0(5)	7(2)			
I455,8(1) а)	336(36)	0,2	0,15	E1
I465,6(2) а)	179(20)	0,1		E1
I469,4(2) а)	272(30)	0,6	0,08	M1
I480,8(2) а)	55(6)	0,12		M1
I489,0(5) а)	5(2)			
I500,5(3)	31(4)	0,06		M1
I513,8(8) а)	3,3(10)			
I526,1(6)	83(18)	0,05		E1
I532,5(7)	8,3(20)			
I561,5(4)	19(3)	0,02		E1, E2
I569,5(5) а)	6,4(12)	~ 0,02		
I578,0(6)	4,5(10)			
I584,0(6)	37(5)	0,08		M1
I593,3(5) а)	4,5(10)			
I618,4(5) а)	4,5(10)			
I627,2(6)	2,5(8)			
I637,8(5)	7(2)			
I649,6(6)	6(2)			
I654,6(5)	7,5(16)			
I662,1(1)	92(10)	0,05		E1
I673,2(4)	6,5(12)			
I689,1(2)	31(4)			
I697,3(2) а)	43(6)	~ 0,02		E1
I709,2(3)	11(2)			
I722,4(2) а)	47(6)	~ 0,02		E1
I732,8(3)	13(2)	~ 0,02		M1
I742,1(4)	8(1)	0,01		E2
I749,2(1)	93(12)	~ 0,04		E1

Таблица I (продолжение)

$E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})$ кэВ	$I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})$	I_K	Мультипольн.
1753,4(4)	16(2)		
1757,1(6)	7(2)		
1767,6(3)	15(2)		
1784,1(2)	36(4)		
1789,0(7)	13(2)		
1792,8(7)	19(3)		
1803,7(1)	115(12)	0,18	MI
1813,5(5)	3,3(8)		
1825,2(3)	17(3)	0,02	MI
1836,1(5)	3(1)		
1848,5(5)	6(2)		
1853,3(6)	3(1)		
1876,4(4)	18(3)		
1880,2(6)	3(1)		
1889,5(4)	3(1)		
1913,5(5)	3(1)		
1936,3(2)	31(4)	< 0,015	EI
1948,2(4)	6(2)		
1957,0(6)	4(1)		
1970,7(6)	1,3(3)		
1983,1(5)	4(2)		
2017,6(4)	3,5(8)		
2038,5(6)	0,6(2)		
2041,4(4)	1,8(6)		
2052,9(7)	1,4(5)		
2079,8(7)	1,2(4)		

Примечания:

1. Полная интенсивность бета-распада принимается за 10000 единиц.
 2. Значение $\alpha_K = 2,06$ для перехода 104,3 кэВ использовалось для связи шкал 2 и 3.
- а) Гамма-переход размечен в схеме распада.

Таблица 2
Гамма-гамма-совпадения, наблюдаемые при распаде ^{163}Tm

$E_{\gamma 1}$, кэВ	$E_{\gamma 2}$ кэВ а)
69,21	393,4; 471,2; 550,2; 665,9; 1469,4 190,6; 239,62; 241,40; 275,19; 299,74;
104,30	335,3; (358,1), 511,0 ^{б)} ; (579,6); 1224,0; 1264,9; (1318,2); 1374,3; (1386,9), 1397,4; 1434,3; 1455,8; 1465,6
164,40(+165,51)	239,62; 275,19; (298,1)
190,06	85,12; 145,28 (60,10); 104,30; 164,40; 389,8(1168,4); 1224,0;
239,62 + 241,40	1397,4; 1455,8
275,19	164,40; 1130,0
(298,1)+ 299,74	104,30; (1318,2); 1397,4
471,2	69,21
550,2	69,21
579,6	(104,30)
665,9	69,21
1130,0	190,06; 275,19; (353,3)
1224,0	(104,30); 241,40; 345,7
1264,9	104,30
1318,2	(239,62); (299,74)
1374,3	(104,30); 164,40
1397,4	104,30; 164,40; 239,62; 299,74; 320,1; 404,1
1434,3	104,30
1455,8	(104,30); 241,40; 345,7
1469,4	69,21

а) Совпадения, данные в скобках, слабые или сомнительные.

б) Аннигиляционное излучение.

Литература

1. P. O. Tjöm, B. Elbek. *Mat. Fys. Dan. Selsk.*, 37, 407 /1969/.
2. S. A. Hjorth, H. Ryde, K. A. Hagemann, G. Lvhiden, J. C. Waddington. *Nucl. Phys.*, A144, 513 /1970/.
3. B. Harmatz, T. H. Handley, J. W. Mihelich. *Phys. Rev.*, 128, 1186 /1962/.
4. К. Я. Громов, Б. С. Дзелепов, В. Звольска, И. Звольский, В. Г. Калининков. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 27, 182 /1963/.
5. В. Гнатович, К. Я. Громов, М. Фингер, В. Врзал, Я. Липтак, Я. Урбанец. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 31, 587 /1967/.
6. А. А. Абдуразаков, К. Я. Громов, Т. А. Исламов, Х. Штрусный. *Препринт ОИЯИ, Р6-5132, Дубна, 1970.*
7. W. Andreitschiff, P. Manfrass, H. Prade, K. D. Schilling, G. Winter, H. Fuiá, R. Ion-Mihai, A. B. Khalikulov, V. A. Morozov, N. Z. Marupov, T. M. Muminov. *Nucl. Phys.*, A220, 438 /1974/.
8. S. G. Schmelling, H. A. Shugart. *Bull. Am. Phys. Soc.*, 12, 1046 /1967/.
9. I. Adam, K. Ya. Gromov, M. Honusek, T. A. Islamov, A. Sh. Khamidov, V. V. Kuznetsov, H. -G. Ortlepp, H. -U. Siebert, H. Strusny. *Nucl. Phys.*, A254, 63 /1975/.
10. И. Адам, Ц. Вылов, К. Я. Громов, И. И. Громова, Т. А. Исламов, И. Ржиковска, З. А. Усманова, В. И. Фоминых, Х. Штрусный. *Программа и тезисы докладов XXIII Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Тбилиси, 1973, стр. 92.*
11. H. Strusny, I. Adam, K. Ya. Gromov, T. A. Islamov. *Annual Report ZFK-283, Rossendorf, p. 37 /1974/.*
12. Б. К. Преображенский, В. А. Калямин, О. М. Лилова, А. Н. Добронравова, Е. Д. Тетерин. *ЖАХ, 1, 1094 /1956/.*
13. А. Ф. Новгородов, В. Л. Кочетков, Н. А. Лебедев, В. А. Халкин. *Радиохимия, 6, вып. 1, 73 /1964/.*
14. А. А. Абдуразаков, А. И. Ахмаджанов, К. Я. Громов, Т. А. Исламов, Ш. М. Камолходжаев, М. К. Прокофьев. *Препринт ОИЯИ, Р6-4363, Дубна, 1969.*
15. 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.*
16. Р. Арльт, Г. Винтер, С. В. Медведев, Г. Музиоль, А. Н. Синаев, З. А. Усманова, Д. Фром, Н. А. Чистов, Х. Штрусный. *ПТЭ, 6 /1972/.*
17. В. С. Александров, Ф. Дуда, О. И. Елизаров, Г. П. Жуков,

- Г.И.Забиякин, Э.Зайдлер, Е.Т.Кондрат, Э.В.Лысенко,
В.И.Фоминых, В.Г.Тишин, М.И.Фоминых, В.М.Цупко-
Ситников. Изв. АН СССР, сер. физ., 34, 69 /1970/.
18. R.S.Hager, E.C.Seltzer. Nucl.Data., A4, 1 /1968/.
 19. К.Я.Громов, В.Г.Калинников, Э.Малек, Н.Ненов,
Г.Пфренне, Х.Штрусный, Ж.Т.Желев. Препринт
ОИЯИ, Р6-3945, Дубна, 1968.
 20. A.H.Wapstra, N.B.Gove. Nuclear Data Tables,
9, 267 /1971/.
 21. M.E.Bunker, C.W.Reich. Rev.Mod.Phys., 43,
348 /1971/.
 22. S.Stein, A.T.Ramsey. Phys.Rev., 179, 1170 /1969/.
 23. С.Ekstrom, I.-L.Lamm. Physica Scripta, 7,
31 /1973/.
 24. G.Ekström, S.Ingelman, M.Olsmats. Nucl.Phys.,
A194, 237 /1972/.
 25. S.G.Malmskog, A.Marelins, S.Wahlborn. Nucl.Phys.,
A103, 481 /1967/.
 26. G.Winter, L.Funke, P.Kemnitz, H.Sodan. Nucl.Phys.,
A199, 1 /1973/.