

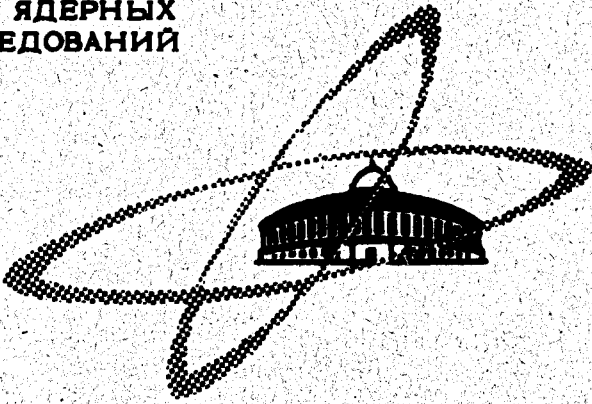
23/II - 707

A-139

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P6 - 4889



А.А. Абдуразаков, К.Я. Громов, В. Звольска,
Т.А. Исламов, Х. Штрусный

ВОЗБУЖДЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ
ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДЕР
С 93, 95 И 97 НЕЙТРОНАМИ

III. РАСПАД $^{165}\text{Tm} \rightarrow ^{165}\text{Er}$

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1970

P6 - 4889

А.А. Абдуразаков, К.Я. Громов, В. Звольска,
Т.А. Исламов, Х. Штрусный

ВОЗБУЖДЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ
ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДЕР
С 93, 95 И 97 НЕЙТРОНАМИ
III. РАСПАД $^{165}\text{Tm} \rightarrow ^{165}\text{Er}$

Направлено в Изв. АН Узб. ССР

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

8209/2 49

Работа выполнена совместно сотрудниками Объединенного института
ядерных исследований и Ташкентского политехнического института.

Настоящей работой мы продолжаем публикацию результатов изучения распада изотопов тулия с нечетными массовыми числами. Результаты изучения распада ^{161}Tm и ^{163}Tm см. в /1,2/.

Исследованию распада ^{165}Tm ($T_{1/2} = 29$ час) в последние годы посвящено несколько работ. Спектр конверсионных электронов изучался в /3-5/, гамма-лучи - в /6,7/, спектры $e^- - e^-$; $e^- - \gamma$ и $\gamma - \gamma$ совпадений изучались в /6-8/. В работах /9/ изучались уровни ^{165}Er , возбуждающиеся в (d, p) , (d, t) и (d, α) реакциях. Самые полные схемы уровней ^{165}Er предложены в /6,7,9/.

Условия экспериментов и их результаты

Условия экспериментов описаны в /1/, поэтому здесь мы их лишь кратко напомним. Изотоп ^{165}Tm получали при облучении танталовой мишени протонами с энергией 680 Мэв на синхротронном ОИЯИ. Облучения мишеней продолжались от 2 до 20 часов. Спектры конверсионных электронов изучались с помощью бета-спектрографов с постоянным однородным магнитным полем ($R \approx 0,05\%$); гамма-спектры изучались с помощью Ge(Li) -полупроводниковых спектрометров (объем детекторов 6,4 и 30 см³; разрешение 3,5 и 5,5 кэв).

В таблице 1 представлены результаты изучения спектров конверсионных электронов и гамма-лучей при распаде ^{165}Tm . Энергии всех гамма-переходов за исключением тех, которые наблюдались только в гамма-спектре, даны по результатам изучения спектра конверсионных электронов. Погрешности в определении относительных интенсивностей линий конверсионных электронов не превышают 20%, так как для калибровки по интенсивностям были использованы результаты измерений интенсивностей сильных линий, описанных в /3/, где спектр ^{165}Tm изучался при помощи спектрометра с двойной фокусировкой с регистрацией электронов с помощью счетчиков Гейгера. Точность определения отношений интенсивностей линий, близких по энергии и интенсивности, не хуже 10%. В случае слабых или сложных линий, когда интенсивность определена с ошибкой больше двадцати процентов, перед значением интенсивности в табл. 1 поставлены знаки приблизительно или меньше. Относительные интенсивности гамма-лучей даются с точностью не хуже 20%.

В таблице 2 сравниваются экспериментальные и теоретические /10/ значения абсолютных (a_k) и относительных ($K/L_I; L_I/L_{II}; L_{II}/L_{III}$ и др.) коэффициентов внутренней конверсии гамма-лучей ^{165}Tm . Заключение о мультипольности дано в последней колонке. При вычислениях a_k интенсивности гамма-лучей и конверсионных электронов в табл. 1 приведены к одним единицам по (a_k) теор. для гамма-перехода 806,8 кэВ типа M1 (см. табл. 2).

Схема распада ^{165}Tm

При построении схемы распада ^{165}Tm мы использовали, наряду с результатами настоящей работы, сведения, полученные в /7,8,9/. Более высокая точность в определении энергии переходов, чем в преды-

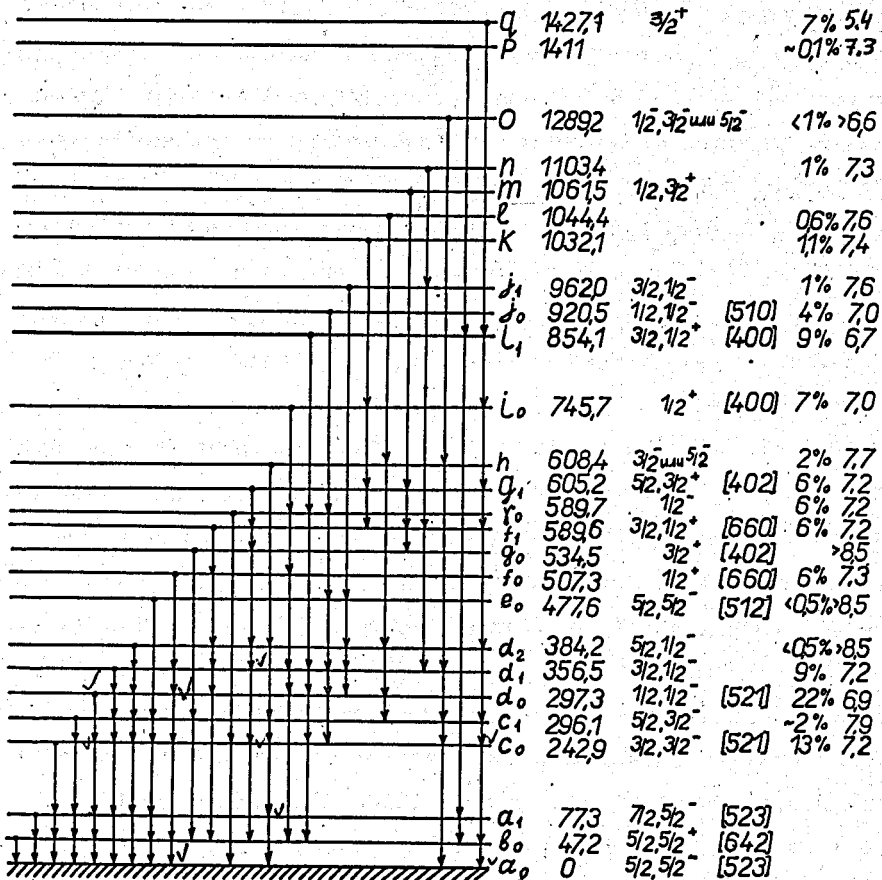
душих работах, позволила уточнить энергию уровней и повысить надежность их идентификации. Значения энергии уровней ниже приводятся только по нашим данным. Обнаружение ряда новых переходов и установление мультипольности многих переходов позволило уточнить схему распада ^{165}Tm .

Состояния $5/2^-/523/$, $3/2^-/521/$ и $1/2^-/521/$ и их ротационные полосы (см. схему распада) были надежно установлены совокупностью данных работ $^{13-9/}$. Наши данные полностью подтверждают прежние сведения. Впервые определены мультипольности нескольких переходов между этими уровнями: 88,2 кэВ (M1), 86,9 кэВ - E2, 141,4 кэВ - M1+E2, 195,7 кэВ - E1, 248,9 кэВ - E1. Уточнены энергии этих уровней.

Уровню с энергией 477,6 кэВ в $^{16,7/}$ приписывалась на основе мультипольностей переходов с этого уровня отрицательная четность и спин $5/2$ или $7/2$. Мультипольность E2 перехода 442,6 кэВ (см. табл. 2), идущего с уровня 920,4 кэВ ($1/2^-$), позволяет установить спин уровня 477,6 кэВ как $5/2$. Тьом и Элбек $^{19/}$ наблюдали уровни со спинами $7/2$ (575 кэВ), $9/2$ (684 кэВ) и $11/2$ (820 кэВ) и считают их ротационными уровнями состояния $5/2^-/512/$. Однако основное состояние этой полосы они не наблюдали. Очевидно, что возбуждающийся при распаде ^{165}Tm уровень с энергией 477,6 кэВ есть состояние $5/2^-/512/$.

Уровень 507,3 кэВ мы, как и в $^{19/}$, считаем типа $1/2^+/660/$. В $^{16/}$ $^{17/}$ уже отмечалось, что в ^{165}Er при энергии 589,1 кэВ существует два уровня противоположной четности со спинами $3/2$ и $1/2$. По нашим данным энергии этих уровней (589,6 \pm 0,1) кэВ и (589,7 \pm 0,2) кэВ. Уровень с энергией 589,6 кэВ типа $3/2^+$. Можно считать его ротационным типа $3/2^-/660/$. Мультипольности переходов с уровня 589,7 кэВ: 346,8 кэВ - M1 и 589,7 кэВ - E2 не позволяют однозначно установить спин этого уровня; выбирать следует между $1/2$; $3/2$ и $5/2$. Можно ожидать, что этот уровень гамма-вибрационный, связанный с основным состоянием ^{165}Er , т.е. $1/2^- (5/2^-/523/ - Q_{22})$.

$T_{1/2} = 30,1 \text{ рас}$ ^{165}Tm $96 \text{ } 69$ $1/2^+ [411]$
 $Q = 1565 \pm 30 \text{ кэВ}$



^{165}Er
 $97 \text{ } 68$

$E_{\text{кэВ}}$ $IK^X [N_{\text{нн}}N]$ 3.3% \log_{10}

Рис. Схема распада ^{165}Tm .

Гамма-переходы, идущие с данного уровня ^{165}Er , изображены одной вертикальной линией. Каждый отдельный гамма-переход обозначается стрелкой у уровня, на который происходит этот переход. Все данные о соответствующих гамма-переходах даны в таблице 1. Все уровни ^{165}Er отмечены буквами латинского алфавита, члены вращательных полос обозначены одной буквой с индексами 0, 1, 2 и т.д. в порядке возрастания энергии уровней. В таблице 1 эти обозначения использованы для указания размещения переходов в схеме распада ^{165}Tm .

Уровень "q" с энергией 1427,1 кэВ - трехкварцистичный типа $\{p 1/2^+ / 411\} + \{n 7/2^- / 523\} - \{n 5/2^- / 523\}$.

Тьом и Элбек /9/ в реакциях (d,p) и (d,t) наблюдали в ^{165}Er уровень с энергией ≈ 534 кэв, который они идентифицировали как состояние $3/2^+/402/$. Такой уровень (534,5 кэв) может быть введен на основе наших результатов изучения распада ^{165}Tm . Первый ротационный уровень этого состояния тогда есть уровень с энергией 605,2 кэв.

Полученные данные не позволяют сделать однозначный выбор между значениями $3/2^-$ и $5/2^-$ для спина уровня с энергией 608,4 кэв. В /7/ этот уровень интерпретируется как состояние типа $5/2^-/512/$. Выше указано, что состояние $5/2^-/512/$ осуществляется при энергии 477,6 кэв. Высказать какие-либо соображения о природе этого состояния мы пока затрудняемся.

Согласно данным /6,7,8/ и этой работы, состояние $1/2^+/400/$ осуществляется при энергии 745,7 кэв. Первый ротационный уровень этого состояния имеет энергию 854,1 кэв. В /7/ отмечалась разница в способах разрядки этих двух уровней: с уровня 745,7 кэв наблюдались переходы на уровни $1/2$ и $3/2$ ротационной полосы состояния $7/2^-/521/$; в то же время аналогичные переходы с уровня 854,3 кэв не наблюдались. В настоящей работе оба эти перехода: 557,3 и 479,8 кэв обнаружены.

Уровни 920,5 и 962,0 кэв, как и в /9/, мы интерпретируем как ротационные состояния $1/2\ 1/2^-$ и $3/2\ 1/2^-/510/$.

На основе совпадений энергий гамма-переходов, а также некоторых данных по γ - γ , e - γ и e - e -совпадениям /7,8/ подтверждаются уровни с энергиями 1032,1; 1289,2 и 1411,1 кэв. Вводится новый уровень - 1044,4 кэв. Определены мультипольности всех гамма-переходов, идущих с трехквартичного уровня 1427,1 кэв ($3/2^+$) /11,12/.

На схеме распада приведены вычисленные из данных об интенсивностях гамма-переходов интенсивности электронного захвата на уровни ^{165}Er при распаде ^{165}Tm . Там же указаны значения матричных элементов - $\log ft$. При вычислении $\log ft$ использовались значения

разности масс ядер ^{165}Tm и ^{165}Er - (1565 + 30) кэв, измеренные в /11/.
Полученные значения $\log ft$ согласуются с приведенной на схеме интерпретацией уровней ^{165}Er .

В представленной схеме распада ^{165}Tm размещены 98 из 135 известных гамма-переходов, возникающих в этом распаде. Все переходы с интенсивностью 1% и более на распад размещены в схеме распада. Значительное число (37) слабых гамма-переходов, не помещенных в схему распада, свидетельствует о том, что в распаде ^{165}Tm возникает ряд слабо возбуждающихся уровней ^{165}Er , установить положение которых пока не представляется возможным.

Полученные данные о схеме уровней ^{165}Er находятся качественно в удовлетворительном согласии с современными моделями деформированных ядер.

Л и т е р а т у р а

1. А.А. Абдуразаков, А.А. Абдумаликов, К.Я. Громов, Т.А. Исламов, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ 6-4393, Дубна 1969.
2. А.А. Абдуразаков, К.Я. Громов, Т.А. Исламов, Х.М. Исламова, Х. Штрусный. Программа и тезисы докладов XX ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Ленинград (1970).
3. Ган Мэн-Хуа, К.Я. Громов, В.С. Джелепов, В. Звольска, И. Звольский. Изв. АН СССР, сер. физ., 25, 1092, 1961.
4. В. Harmatz, Т.Н. Handley, J.W. Mihelich. Phys.Rev., 128, 1186(1962).
5. К.Я. Громов, В.С. Джелепов, В. Звольска и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 27, 195 (1963).
6. Т. Куцарова, В. Звольска, М. Вейс. Изв. АН СССР, сер. физ., 32, 126 (1963).

7. W. Kurcewicz, Z. Moroz, Z. Preibisz, B. Schmidt, Nielsen. Report "P" N 835/IA/PL Warszawa 1967.
8. Б.С. Джелепов, П.А. Тишкин, И.А. Шишелов. Изв. АН СССР, сер. физ., 31, 205 (1967).
9. P.O. Tjøm and B. Elbek. Mat.Fys.Dan.Vid.Selsk., 37, no.7 (1969).
S.S. Hjorth, H. Ryde, K.A. Hageman, C. Løvghøden, J.C. Waddington. Strongly Perturbed Positive-Parity Bands in Odd-Mass Erbium Isotops Preprint (1969).
10. а) Гамма-лучи. Под редакцией Л.А. Слива. Изд. АН СССР (1961).
б) R.S. Hager and E.C. Seltzer. Nucl.Data AU, 1-235 (1968).
11. Z. Preibisz et al. Phys.Lett., 14, 206 (1956).
12. N.A. Bonch-Osmolovskaja et al. Nucl.Phys., 81, 225 (1966).

Рукопись поступила в издательский отдел
12 января 1970 года.

ТАБЛИЦА I

Энергии гамма-переходов и относительные интенсивности
гамма-лучей и конверсионных электронов при распаде ^{165}Tm .

№ γ /n	E_{γ} , кэВ	Относительные интенсивности					Мультитипольность	Размещение в схеме распада
		K	L_1	L_n	L_{n1}	J_{γ}		
I	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	15,52±0,01	-	$M_1, -15$	$M_n, -24$	$M, -40$	-		$g_1 \rightarrow f_1$
2.	27,84±0,01	-	4	$\leq I$	$< 0,8$	-	MI+E2	$d_2 \rightarrow d_1$
3.	30,10±0,01	-	5,5	3,2	6,4	-	EI+M2	$a_1 \rightarrow b_0$
4.	35,28±0,01	-	18	6	12	-	EI+M2	
5.	47,16±0,01	-	390	130	260	-	EI+M2	$b_0 \rightarrow a_0$
6.	53,20±0,01	-	150	40	20	-	MI+E2	$c_1 \rightarrow c_0$
√7.	54,44±0,01	-	1800	165	25	-	MI	$d_0 \rightarrow c_0$
8.	59,16±0,01	-	8	30	20	-	E2+MI	$d_1 \rightarrow d_0$
9.	60,41±0,01	-	145	16	3	-	MI	$d_1 \rightarrow c_1$
10.	70,65±0,01	~250	35	3,5	0,8	-	MI	$g_1 \rightarrow g_0$
√11.	77,26±0,01	200	24	195	150	-	E2+MI	$a_1 \rightarrow a_0$
12.	82,33±0,01	25	3,4	$< 0,8$	-	-	MI	$f_1 \rightarrow f_0$
13.	86,93±0,01	12	1,0	8	-	-	E2	$d_2 \rightarrow d_0$
14.	88,21±0,01	36	6	$\leq I$	-	-	MI	$d_2 \rightarrow c_1$
√15.	113,60±0,03	420	54	6	$\leq I$	3II	MI	$d_1 \rightarrow c_0$
16.	141,38±0,03	2,8	-	-	-	~6,0	MI+E2	$d_2 \rightarrow c_0$ $n_1 \rightarrow j_1$
17.	150,85±0,03	8	0,6	$\leq 0,15$	~0,2	80	EI	$f_0 \rightarrow d_1$
18.	156,04±0,03	1,1	-	-	-	~10	EI	$i_0 \rightarrow f_0$
19.	165,60±0,04	7	0,8	2,5	2,0	25	E2	$c_0 \rightarrow a_1$
20.	181,60±0,04	1,2	-	-	-	-		$c_0 \rightarrow c_1$?
21.	195,70±0,04	5	~0,6	$< 0,2$	-	-	EI	$c_0 \rightarrow b_0$
22.	197,70±0,04	1,0	-	-	-	-	} I40	
23.	205,40±0,04	2,8	-	-	-	-	-	$f_1 \rightarrow d_2$
24.	209,96±0,04	4,6	o.c.	-	-	120	EI	$f_0 \rightarrow d_0$

продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9
25.	218,80±0,05	120	18	2,0	<0,6	440	MI	$c_1 \rightarrow a_1$
26.	221,15±0,05	1,5	-	-	-	-	-	$g_1 \rightarrow d_2$
27.	222,0±0,07	0,7	-	-	-	-	-	
28.	224,10±0,05	1,2	-	-	-	-	-	$h_1 \rightarrow d_2$
29.	233,20±0,05	0,6	-	-	-	-	-	$f_1 \rightarrow d_1$
30.	234,80±0,06	3,1						$e_0 \rightarrow c_0$
31.	238,40±0,06	1	-	-	-	-	-	$g_2 \rightarrow c_1, i_0 \rightarrow f_0$
√32.	242,90±0,08	1270	185	17	3	6500	MI	$c_0 \rightarrow a_0$
33.	248,90±0,08	5	0,7	0,1	-	} 270	EI	$c_1 \rightarrow b_0, g_1 \rightarrow d_1$
34.	249,96±0,08	45	сложн.					
35.	264,65±0,15	2	слаб.			96	EI	$f_0 \rightarrow c_0, i_1 \rightarrow \gamma_0$
36.	275,70±0,15	0,6	-	-	-	-		
37.	277,56±0,15	1,2						
38.	279,20±0,15	7	1,0	0,8	0,5	100	E2	$d_1 \rightarrow a_1$
39.	282,40±0,15	0,8						
40.	286,30±0,15	1,0				23	E2	$\kappa \rightarrow i_0$
41.	292,30±0,15	20	3,0	0,4	0,4	} 4600	EI	$f_1 \rightarrow d_0$
42.	296,08±0,15	88	13	1,3				MI
√43.	297,36±0,15	130	18	17	12		E2	$d_0 \rightarrow a_0$
44.	304,0 ±0,2	0,3						
45.	307,0±0,2	3				25	MI	$d_2 \rightarrow a_1$
46.	312,3±0,2	14	2	<0,4	<0,2	146	MI, E2	$h \rightarrow c_1$
47.	318,6±0,2	0,3						
48.	322,4±0,2	0,3						
49.	323,4±0,2	0,2						
50.	330,7±0,2	3				46	MI; E2	$j_0 \rightarrow \gamma_0$
51.	346,8±0,2	40	5	~0,5	-	730	MI	$\gamma_0 \rightarrow c_0$
52.	356,5±0,2	25	3	0,6	~0,3	690	E2+MI	$d_1 \rightarrow a_0$
53.	362,3±0,2	0,3						$g_1 \rightarrow c_0$
54.	365,5±0,2	7	1	<0,2	-	120	MI	$h \rightarrow c_0$

продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9
55.	377,4±0,2	0,3						
56.	384,2±0,2	I,3	0,2			<100	не EI	$d_2 \rightarrow a_0$
57.	389,2±0,2	43	0,6	<0,1		505	EI	$i_0 \rightarrow d_1$
58.	400,4±0,2	I,5	сложн.			29	MI	$e_0 \rightarrow a_1$
59.	409,8±0,2	~0,2				~12	E2	
60.	414,6±0,2	0,07				} 25		
61.	416,6±0,2	0,14						
62.	421,0±0,2	I,5				58	E2	
63.	426,9±0,2	0,25				<8	MI	$k \rightarrow g_1$
64.	430,4±0,2	0,4				40	EI	$e_0 \rightarrow b_0$
65.	435,9±0,2	0,08						$l \rightarrow h$
66.	442,6±0,2	2,2	0,25	~0,06	≤0,03	160	E2	$j_0 \rightarrow e_0$ $k \rightarrow f_1$
67.	448,3±0,2	2,0	0,25	<0,04		490	EI	$i_0 \rightarrow d_0$
68.	456,3±0,2	7,0	I	0,08	≤0,04	140	MI	$m \rightarrow g_1$
69.	460,2±0,2	I2	I,7	0,0	0,3	750	E2(+MI)	$f_0 \rightarrow b_0$
70.	471,8±0,2	I,5	0,25	0,03	0,01	75	MI+E2	$m \rightarrow f_1$
71.	477,6±0,2	2,2	0,3	<0,06		} 75	MI	$e_0 \rightarrow a_0$
72.	480,4±0,2	0,15	-	-	-			
73.	484,4±0,2	0,20	слаб.	~0,02		<40	не EI	$j_1 \rightarrow e_0$
74.	487,3±0,2	5,2	0,8	≤0,05		226	MI	$g_0 \rightarrow b_0$
75.	492,2±0,2	0,7	0,14			<50	не EI	
76.	497,8±0,2	~0,05						$i_1 \rightarrow d_1$
77.	499,7±0,2	0,04						
78.	507,2±0,2	0,15						$(f_0 \rightarrow a_0)$
79.	513,5±0,2	I,4	0,2	≤0,08		110	MI, E2	$m \rightarrow f_1$
80.	526,9±0,2	2,0	0,3	0,1	~0,07	170	E2	$m \rightarrow g_0$
81.	531,1±0,2	0,4				<45	MI, E2	$h \rightarrow a_1$
82.	536,9±0,2	0,2				<45	не EI	
83.	542,4±0,2	4,8	0,70	0,06	≤0,03	320	MI(+E2)	$f_1 \rightarrow b_0$

продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9
84.	557,3±0,2	~0,1				} 60		$i_0 \rightarrow d_0$
85.	558,2±0,2	I,2	0,20	0,05	-		MI	$g_1 \rightarrow e_1$
86.	563,9±0,2	8,9	I,3	0,1	<0,03	450	MI	$j_0 \rightarrow$
87.	569,0±0,2	0,12						
88.	573,2±0,2	I,2	0,22	≤0,05		110	E2	$p \rightarrow i$
89.	577,8±0,2	0,5	0,08			~40	E2	$j_1 \rightarrow c$
90.	589,7±0,2	2,6	0,30	0,08	~0,05	420	E2	$\gamma_0 \rightarrow$
91.	595,4±0,3	~0,1						
92.	605,6±0,3	0,15				} 150		$j_1 \rightarrow d_1$
93.	608,4±0,3	0,6	0,1					
94.	611,1±0,3	0,15	-					$i_1 \rightarrow c$
95.	623,2±0,3	0,6	0,1			26	MI	$j_0 \rightarrow d$
96.	629,0±0,3	0,05				} <10		
97.	630,2±0,3	0,04						
98.	645,0±0,4	-	-	-	-	20		
99.	660,2±0,3	0,02						$l \rightarrow d$
100.	664,7±0,3	I,2	0,2	<0,1	0,02	106	MI	$j_1 \rightarrow d$
101.	677,6±0,3	0,6	0,09	<0,03		} 65	MI	$j_0 \rightarrow c$
102.	680,7±0,3	0,35	0,06	0,02				
103.	681,4±0,3	0,1						$p \rightarrow i$
104.	698,6±0,3	I,4	0,27	сложн.		175	E2	$i_0 \rightarrow b$
105.	716,3±0,3	0,05				4	MI	
106.	728,0±0,3	0,04				26	EI	
107.	734,1±0,3	0,06						
108.	747,1±0,3	0,2				} 55		$l \rightarrow d_0$
109.	748,4±0,3	~0,12						
110.	749,4±0,3	~0,06						
111.	791,0±0,3	0,4				135	EI	
112.	806,8±0,4	I5	3	0,25		1550	MI	$i_1 \rightarrow b$

№ п/п	E_{γ} , кэВ	Относительные интенсивности			Мульти- польность	Размещение в схеме распада	
		K	L	J_{γ}			
II3.	82I,8±0,4	0,2	-	I2	MI	$g \rightarrow g_1$	
II4.	827,4±0,4	0,08		2I	E2;MI		
II5.	837,5±0,4	I,0	0,15	9I	MI	$g \rightarrow f_1$	
II6.	855,0±0,5	$\leq 0,1$		25	E2,MI		
II7.	892,6±0,4	0,08					
II8.	908,2±0,4	0,03					
II9.	932,7±0,4	0,13		20	MI	$o \rightarrow d_1$	
I20.	954,8±0,4	0,26		42	MI		
I2I.	964,2±0,4	0,02					
I22.	993,1±0,4	0,025		8	E2	$o \rightarrow c_1$	
I23.	I043,0±0,5	0,03	} 43		EI	$g \rightarrow d_2$	
I24.	I046,4±0,5	0,06				MI	$o \rightarrow c_0$
I25.	I13I,1±0,5	0,28		0,03	255	EI	$g \rightarrow c_1$
I26.	I184,5±0,6	0,44		480	EI	$g \rightarrow c_0$	
I27.	I232±I			8			
I28.	I289±0,6	0,07		35		$o \rightarrow a_0$	
I29.	I333,1±0,6	0,02				$p \rightarrow a_1$	
I30.	I337,3±0,6			4			
I3I.	I346,2±0,6	сложн.					
I32.	I364,0±0,6	0,03		18	E2	$p \rightarrow v_0$	
I33.	I380,1±0,6	0,3		93	MI	$g \rightarrow v_0$	
I34.	I417,5±0,6			I2	-		
I35.	I427,1±0,6	0,1		I66	EI	$g \rightarrow a_0$	

Примечания: а) Единицы интенсивности выбраны произвольно.
 б) 100% распадов ^{165}Tm равно 17500 единиц таблицы I.

Определение мультипольности гамма-переходов, возникающих при распаде $^{165}\text{Tm} \rightarrow ^{165}\text{Er}$

E_{γ} , кэВ	метод определения	Эксперимент	Теория						Вывод мульти-
			MI	M2	M3	E1	E2	E3	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15,52	$M_1: M_{II}$ $M_{II}: M_{III}$	$< 0,6$ 0,6	9,9 6,2	15,5 0,08	20 0,01	1,2 0,65	0,009 0,70	0,011 0,78	
27,84	$L_1: L_{II}$ $L_{II}: L_{III}$	≥ 4 $> 1,25$	10,55 6,3	13,95 0,16	14,25 0,018	0,38 0,707	0,01 0,77	0,015 0,81	MI+
30,10	$L_1: L_{II}$ $L_{II}: L_{III}$	1,7 0,5	10,6 6,36	13,75 0,16	12,0 0,018	0,45 0,708	0,01 0,784	0,015 0,812	EI(+)
35,28	$L_1: L_{II}$ $L_{II}: L_{III}$ $M_1: M_{II}$ $M_{II}: M_{III}$	3 0,5 ~3 ~0,56	10,88 6,4 10,0 6,5	12,4 0,18 11,3 0,19	10,85 0,028 10,2 0,03	0,70 0,65 1,8 0,71	0,012 0,79 0,012 0,79	0,015 0,85 0,0145 0,86	EI(+)
47,16	$L_1: L_{II}$ $L_{II}: L_{III}$ $M_1: M_{II}$ $M_{II}: M_{III}$	3 0,5 3 0,5	11,0 6,50 10,1 6,6	10,8 0,261 10,1 0,26	8,9 0,042 7,6 0,05	2,25 0,756 2,3 0,74	0,010 0,856 0,019 0,845	0,016 0,865 0,015 0,92	EI(+)
53,20	$L_1: L_{II}$ $L_{II}: L_{III}$ $M_1: M_{II}$ $M_{II}: M_{III}$	3,75 2 3,3 2	11,04 6,60 10,18 6,65	10,36 0,30 9,7 0,29	8,06 0,07 7,82 0,062	2,45 0,74 2,5 0,75	0,06 0,83 0,026 0,86	0,08 0,92 0,015 0,94	MI
54,44	$L_1: L_{II}$ $L_{II}: L_{III}$ $M_1: M_{II}$ $M_{II}: M_{III}$	11 6,6 11 6,6	11,05 6,60 10,2 6,65	10,25 0,30 9,6 0,25	8,0 0,072 7,8 0,065	2,5 0,75 2,51 0,76	0,06 0,85 0,027 0,86	0,08 0,94 0,015 0,99	MI
59,16	$L_1: L_{II}$ $L_{II}: L_{III}$ $M_1: M_{II}$ $M_{II}: M_{III}$	0,27 1,5 ~0,3 ~1,3	11,1 6,7 10,2 6,68	9,85 0,37 9,2 0,36	7,5 0,07 7,4 0,07	2,6 0,77 2,68 0,77	0,08 0,88 0,034 0,87	0,08 0,99 0,0158 0,98	

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60,4I	$L_1 : L_{II}$	9	II, I	9,85	7,5	2,6	0,08	0,08	MI
	$L_{II} : L_{III}$	>5,3	6,63	0,33	0,07	0,78	0,89	0,98	
	$M_1 : M_{II}$	9	10,22	9,15	7,3	2,7	0,037	0,016	
70,65	$K : L_1$	7	7,0	3,95	1,2	9,7	10,0	2,0	MI
	$L_1 : L_{II}$	10,0	II,15	9,5	7,1	3,0	0,15	0,08	
	$L_{II} : L_{III}$	~4,4	6,67	0,38	0,09	0,8	0,93	I,03	
	$M_1 : M_{II}$	≥8	10,3	8,7	6,8	3,05	0,065	0,018	
77,26	$K : L_1$	8,2	6,95	4,10	1,5	9,50	10,30	2,90	E2+MI
	$L_1 : L_{II}$	0,13	II,23	9,15	6,63	3,30	0,08	0,015	
	$L_{II} : L_{III}$	I,3	6,70	0,425	0,103	0,812	0,956	I,06	
	$M_1 : M_{II}$	0,11	8,50	6,85	6,60	3,21	0,069	0,0186	
	$M_{II} : M_{III}$	I,30	6,70	0,425	0,105	0,80	0,93	I,046	
82,33	$K : L_1$	7,6	7,1	4,2	1,65	9,6	10,4	3,5	MI
	$L_1 : L_{II}$	>4,2	II,25	9,0	6,5	3,4	0,09	0,017	
86,93	$K : L_1$	12	7,15	4,25	1,7	9,65	10,45	3,9	E2
	$L_1 : L_{II}$	0,12	II,27	8,9	6,4	3,45	0,095	0,018	
88,2I	$K : L_1$	6	7,22	4,35	1,80	9,70	10,55	4,20	MI
	$L_1 : L_{II}$	≥6	II,3	8,8	6,34	3,55	0,10	0,02	
II3,60	$K : L_1$	~8	7,3	4,82	2,60	9,3	10,3	7,08	MI
	$L_1 : L_{II}$	9	II,55	8,10	5,8	4,40	0,19	0,03	
	$L_{II} : L_{III}$	≥6	6,82	0,6	0,22	0,85	I,16	I,21	
	α_K	I,35	I,5	10,1	4,6	0,18	0,70	2,50	
I4I,38	α_K	0,47	0,9	6,0	4,6	0,093	0,45	I,5	E2+MI
I50,85	$K : L_1$	13	7,3	5,25	3,4	8,57	10,1	8,1	EI
	$L_1 : L_{II}$	≥4	II,85	8,15	5,5	5,4	0,34	0,07	
	$L_{II} : L_{III}$	0,8	7,0	0,9	0,3	0,88	I,2	I,40	
	α_K	0,1	0,75	4,5	4,6	0,088	0,35	I,25	
I65,60	$K : L_1$	9	7,3	5,4	3,5	8,8	9,6	8,1	E2
	$L_1 : L_{II}$	0,32	II,95	8,0	5,5	5,75	0,42	0,085	
	$L_{II} : L_{III}$	I,25	7,02	I,0	0,35	0,90	I,25	I,45	
	α_K	0,28	0,60	3,5	4,6	0,071	0,28	I,0	

продолжение таблицы 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
195,70	α_K	$\leq 0,043$	0,35	1,8	4,6	0,045	0,17	0,55	EI
209,96	α_K	0,038	0,33	1,5	4,6	0,038	0,15	0,46	EI
218,80	K : L ₁	6,6	7,35	5,7	4,3	8,7	9,45	8,0	MI
	L ₁ : L _{II}	9	12,4	8,03	5,5	6,8	0,70	0,16	
	L _{II} : L _{III}	$> 3,3$	7,02	1,30	0,48	0,94	1,35	1,66	
	α_K	0,25	0,27	1,30	4,6	0,035	0,125	0,41	
242,90	K : L ₁	6,9	7,4	6,1	4,65	8,55	9,5	7,85	MI
	L ₁ : L _{II}	II	12,58	8,08	5,52	7,5	0,82	0,21	
	L _{II} : L _{III}	5,7	7,14	1,52	0,54	0,95	1,42	1,76	
	M ₁ : M _{II}	II	12,6	8,1	4,6	8,5	9,4	7,8	
	M _{II} : M _{III}	~ 5	6,5	1,5	0,51	0,92	1,40	1,72	
	α_K	0,19	0,195	0,88	2,98	0,026	0,090	0,28	
248,90	K : L ₁	7,1	7,4	6,1	4,65	8,55	9,5	7,85	EI
	L ₁ : L _{II}	≈ 7	12,6	8,1	5,5	7,5	0,82	0,21	
	α_K	$< 0,035$	0,18	0,83	2,93	0,024	0,085	0,265	
264,65	α_K	0,02	0,158	0,68	2,5	0,021	0,071	0,22	EI
279,20	K : L ₁	7	7,44	6,17	4,92	8,4	8,8	7,7	E2
	L ₁ : L _{II}	1,25	12,8	8,2	5,56	8,3	1,03	0,28	
	L _{II} : L _{III}	1,6	7,1	1,17	0,28	0,90	1,36	1,59	
	α_K	0,062	0,138	0,59	2,0	0,018	0,062	0,19	
286,3	α_K	0,043	0,13	0,55	1,8	0,018	0,060	0,18	E2
292,30	K : L ₁	6,6	7,44	6,2	5,1	8,3	8,6	7,6	EI (MI+E2)
	L ₁ : L _{II}	7,5	12,95	8,3	5,6	8,7	1,14	0,32	
	L _{II} : L _{III}	I	7,12	1,17	0,72	0,98	1,68	2,16	
296,08	K : L ₁	6,8	7,44	6,22	5,1	8,3	8,6	7,6	MI
	L ₁ : L _{II}	~ 10	12,95	8,3	5,6	8,7	1,14	0,32	
	L _{II} : L _{III}	$\geq 3,2$	7,12	1,98	0,8	1,0	1,75	2,3	
	α_K	(0,12)	0,12	0,47	1,55	0,016	0,053	0,165	
297,3	K : L ₁	7,2	7,44	6,22	5,1	8,3	8,6	7,6	E2
	L ₁ : L _{II}	1,06	12,95	8,3	5,6	8,7	1,14	0,32	
	L _{II} : L _{III}	1,4	7,12	1,98	0,82	1,03	1,8	2,35	
	M ₁ : M _{II}	I	12,9	8,2	5,5	8,8	1,16	0,30	
	M _{II} : M _{III}	1,3	7,1	1,95	0,81	1,05	1,8	2,3	
	α_K	(0,050)	0,115	0,46	1,50	0,016	0,051	0,15	

продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
307,0	α_K	0,12	0,10	0,40	1,27	0,015	0,047	0,146	M1
312,3	K : L ₁	7,0	7,44	6,2	5,1	8,3	8,6	7,6	M1
	L ₁ : L _n	~ 10	12,95	8,3	5,6	8,7	1,14	0,32	
	L _n : L _m	> 4	7,15	2,2	0,9	1,1	1,9	2,4	
	α_K	0,096	0,099	0,38	1,20	0,014	0,045	0,135	
330,7	α_K	0,065	0,085	0,32	1,03	0,013	0,058	0,11	M1, E2
346,8	K : L ₁	8	7,4	6,3	5,3	8,3	8,3	7,4	M1
	L ₁ : L _n	10	13,35	8,5	5,76	9,6	1,42	0,45	
	L _n : L _m	> 2	7,1	3,1	0,86	1,0	1,9	2,6	
	α_K	0,055	0,074	0,28	0,88	0,011	0,033	0,096	
356,5	K : L ₁	8,3	7,4	6,3	5,35	8,3	8,3	7,4	E2+M1
	L ₁ : L _n	~ 5	13,35	8,5	5,8	9,6	1,4	0,45	
	L _n : L _m	~ 2	7,1	3,1	1,3	1,0	1,87	2,6	
	α_K	0,036	0,069	0,26	0,79	0,010	0,031	0,088	
365,5	K : L ₁	7	7,4	6,3	5,3	8,3	8,3	7,4	M1
	L ₁ : L _n	≥ 5	13,3	8,5	5,8	9,6	1,4	0,45	
	L _n : L _m	> 2	7,1	3,1	1,3	1,0	1,9	2,6	
	α_K	0,057	0,066	0,23	0,74	0,0098	0,029	0,083	
384,2	α_K	0,012	0,059	0,20	0,60	0,0089	0,025	0,073	E2, M1
389,2	K : L ₁	7,1	7,4	6,4	5,45	8,4	8,2	7,3	E1
	L ₁ : L _n	> 6	13,7	8,75	5,95	10,5	1,72	0,58	
	α_K	0,0085	0,055	0,19	0,57	0,0084	0,024	0,69	
400,4	α_K	0,052	0,052	0,18	0,52	0,008	0,023	0,063	M1
409,8	α_K	0,017	0,050	0,17	0,48	0,0074	0,022	0,060	E2
421,0	α_K	0,026	0,046	0,15	0,46	0,007	0,020	0,056	E2
426,9	α_K	0,032	0,044	0,145	0,44	0,0068	0,0195	0,053	M1
430,4	α_K	0,0099	0,0434	0,142	0,41	0,0067	0,019	0,052	E1

продолжение таблицы 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
442,6	K : L _I L _I : L _{II} L _{II} : L _{III} α_K	8,8 4 ≈ 3 0,014	7,26 14,90 7,1 0,041	6,50 8,9 3,1 0,13	5,6 6,1 1,3 0,37	8,59 11,3 1,0 0,0062	8,12 2,0 1,87 0,018	7,48 0,7 2,65 0,048	E2
448,3	K : L _I L _I : L _{II} α_K	8 $\geq 6,2$ 0,0041	7,2 14,0 0,039	6,50 8,9 0,12	5,6 6,1 0,35	8,59 11,3 0,006	8,12 2,0 0,017	7,48 0,7 0,046	E1
456,3	K : L _I L _I : L _{II} L _{II} : L _{III} α_K	7 12 $\geq 2,0$ 0,051	7,3 14 7,1 0,038	6,5 8,9 3,1 0,12	5,7 6,1 1,3 0,32	8,4 11,3 1,0 0,0058	8,1 2,0 1,8 0,016	7,5 0,7 2,6 0,044	MI
460,2	K : L _I L _I : L _{II} L _{II} : L _{III} α_K	7 2,1 ≥ 2 0,016	7,3 14 7,1 0,036	6,5 8,9 3,1 0,117	5,7 6,1 1,3 0,31	8,4 11,3 1,0 0,0057	8,1 2,0 1,8 0,016	7,5 0,7 2,6 0,042	E2
471,8	K : L _I L _I : L _{II} L _{II} : L _{III} α_K	6 8 ≥ 3 0,020	7,2 14 7,1 0,035	6,5 8,9 3,1 0,11	5,7 6,1 1,3 0,29	8,4 11,3 1,0 0,0054	8,0 2,0 1,8 0,015	7,5 0,7 2,6 0,039	MI, E2
477,6	K : L _I L _I : L _{II} α_K	7,1 5 0,026	7,2 14 0,033	6,5 8,9 0,10	5,7 6,6 0,28	8,4 11,8 0,0052	8,0 2,8 0,015	7,5 1,07 0,038	MI (+E2)
484,4	α_K	0,055	0,032	0,10	0,265	0,0052	0,014	0,037	не E1
487,3	K : L _I L _I : L _{II} L _{II} : L _{III} α_K	6,5 13 $> 1,5$ 0,023	7,3 14,5 7,1 0,031	6,6 9,5 3,1 0,10	5,8 6,6 1,3 0,26	8,3 13,2 1,0 0,0051	8,1 2,9 1,8 0,0138	7,6 1,08 2,6 0,035	MI (+E2)
492,2	α_K	0,014	0,030	0,098	0,255	0,0050	0,0135	0,034	не E1
513,5	K : L _I L _I : L _{II} α_K	7 $\geq 2,5$ 0,0094	7,2 14,5 0,028	6,7 9,5 0,084	5,9 6,6 0,215	8,4 13,2 0,0045	8,0 2,9 0,012	7,6 1,1 0,031	MI, E2

продолжение таблицы 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
526,9	K : L ₁ L ₁ : L ₁₁ L ₁₁ : L ₁₁₁ α_K	6,8 2,7 ~1,6 0,012	7,4 14,5 7,1 0,026	6,7 9,5 3,1 0,078	6,0 6,6 1,3 0,189	8,4 13,2 1,0 0,0043	8,0 2,9 1,6 0,0117	7,6 1,1 2,6 0,029	E2
531,1	α_K	0,009	0,026	0,077	0,188	0,0042	0,0115	0,0285	MI, E2
536,9	α_K	0,0045	0,025	0,076	0,18	0,004	0,011	0,028	не EI
542,4	K : L ₁ L ₁ : L ₁₁ L ₁₁ : L ₁₁₁ α_K	6,8 12,0 ≥ 2 0,015	7,4 14,5 7,1 0,023	6,8 9,5 3,1 0,071	6,0 6,6 1,3 0,18	8,4 13,2 1,0 0,004	8,0 2,9 1,6 0,011	7,7 1,1 2,6 0,027	MI (+E2)
558,2	K : L ₁ L ₁ : L ₁₁ α_K	6,0 4,0 0,020	7,5 14,5 0,022	6,8 9,5 0,065	6,0 6,6 0,16	8,3 13,2 0,0036	8,0 2,9 0,010	7,6 1,1 0,024	MI
563,9	K : L ₁ L ₁ : L ₁₁ L ₁₁ : L ₁₁₁ α_K	6,8 13 3,3 0,02	7,5 14,5 7,1 0,021	6,8 9,5 3,1 0,063	6,0 6,6 1,3 0,156	8,3 13,2 1,0 0,0035	8,0 2,9 1,6 0,0098	7,6 1,1 2,6 0,023	MI
573,2	K : L ₁ L ₁ : L ₁₁ α_K	5,5 ≥ 4,4 0,011	7,5 14,5 0,022	6,8 9,5 0,063	6,0 6,6 0,155	8,3 13,2 0,0036	8,0 2,9 0,009	7,6 1,1 0,023	E2, MI
577,8	K : L ₁ L ₁ : L ₁₁ α_K	6,2 > 2 0,012	7,5 14,5 0,021	6,8 9,5 0,061	6,0 6,6 0,148	8,3 13,2 0,0035	8,0 2,9 0,009	7,6 1,1 0,023	MI, E2
589,7	K : L ₁ L ₁ : L ₁₁ L ₁₁ : L ₁₁₁ α_K	8,6 3 ~1,6 0,0071	7,5 14,5 7,1 0,019	6,8 9,5 3,1 0,056	6,0 6,6 1,3 0,144	8,3 13,2 1,0 0,0032	8,0 2,9 1,6 0,0087	7,6 1,1 2,6 0,022	E2
623,2	α_K	0,023	0,017	0,049	0,11	0,0029	0,008	0,019	MI
664,7	K : L ₁ L ₁ : L ₁₁ α_K	6 > 3 0,012	5,5 14,5 0,015	5,3 9,5 0,039	5,2 6,6 0,095	5,6 13,2 0,0026	5,6 2,9 0,0068	5,5 1,1 0,016	MI

продолжение таблицы 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
677,6	K : L _i L _i : L _{ii} α_K	6,6 > 2 > 0,009	5,5 14,5 0,014	5,3 9,5 0,038	5,2 6,6 0,083	5,6 13,2 0,0025	5,6 2,9 0,006	5,5 1,1 0,015	MI
680,7	K : L _i L _i : L _{ii} α_K	5,8 > 3 > 0,006	5,5 7,1 0,014	5,3 3,1 0,037	5,2 1,3 0,082	5,6 1,0 0,0024	5,6 1,6 0,0064	5,5 2,6 0,015	MI
698,6	α_K	0,0066	0,013	0,035	0,081	0,0023	0,006	0,014	E2
716,3	α_K	0,012	0,012	0,032	0,073	0,0022	0,0056	0,0135	MI
728,0	α_K	0,0015	0,002	0,031	0,070	0,002	0,0054	0,013	EI
791,0	α_K	0,0029	0,0096	0,025	0,054	0,0018	0,0047	0,011	EI
806,8	K : L _i L _i : L _{ii} L _{ii} : L _{iii} α_K	5 ~ 15 > 2 0,0088 ^{a)}	5,5 14,5 7,1 0,0088	5,36 9,5 3,1 0,023	5,22 6,6 1,3 0,048	5,6 13,2 1,0 0,0017	5,6 2,9 1,6 0,0044	5,5 1,1 2,6 0,0099	MI
821,8	α_K	0,017	0,0083	0,022	0,046	0,0016	0,0042	0,0095	MI
827,4	α_K	0,0038	0,0081	0,021	0,045	0,0016	0,0041	0,0092	E2, MI
837,5	α_K	0,011	0,008	0,020	0,043	0,0016	0,0039	0,0090	MI
855,0	α_K	≥ 0,004	0,0077	0,018	0,040	0,0015	0,0038	0,0078	E2, MI
932,7	α_K	0,0064	0,0063	0,015	0,031	0,0013	0,0032	0,007	MI
954,8	α_K	0,0062	0,0059	0,014	0,029	0,0013	0,003	0,0064	MI
993,1	α_K	0,003	0,0054	0,013	0,026	0,0012	0,0028	0,006	E2
1043,0	α_K	~ 0,0015	0,0046	0,010	0,022	0,001	0,0026	0,0053	EI
1046,4	α_K	0,0052	0,0046	0,010	0,022	0,001	0,0026	0,0053	MI
1131,1	α_K	0,0011	0,0038	0,0087	0,019	0,0009	0,002	0,0046	EI
1184,5	α_K	0,00092	0,0034	0,0078	0,017	0,00086	0,002	0,0043	EI
1289,0	α_K	0,0013	0,0028	0,0064	0,013	0,00076	0,0018	0,0034	E2
1364,0	α_K	0,0017	0,0026	0,0059	0,0107	0,00066	0,0016	0,003	E2
1380,1	α_K	0,0032	0,0025	0,0056	0,0108	0,00066	0,0015	0,0029	MI
1427,1	α_K	0,0064	0,0022	0,0049	0,010	0,0062	0,0014	0,0028	EI