

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗ41.16
3-911

17/11-75

6 - 8517

К.Зубер, Ц.Вылов, И.И.Громова, Я.Зубер

975 / 2-75

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ
ИЗОТОПОВ ТЕРБИЯ

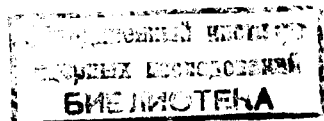
I. Распад $^{155}\text{Dy} \rightarrow ^{155}\text{Tb}$

1975

К.Зубер,* Ц.Вылов, И.И.Громова, Я.Зубер

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ
ИЗОТОПОВ ТЕРБИЯ

I. Распад $^{155}\text{Dy} \longrightarrow ^{155}\text{Tb}$



* Институт ядерной физики, Краков, ПНР

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей работе исследовались возбужденные состояния ^{155}Tb , возникающие при распаде ^{155}Dy . Распад ^{155}Dy исследовался ранее авторами работ /3-9/. В работах /3,5,7/ проводились исследования спектров конверсионных электронов, на основе которых предложены варианты схемы распада ^{155}Dy . Исследования гамма-спектров и спектров гамма-гамма-совпадений проводились в работах /4,6,8,9/. Исследования возбужденных состояний ^{155}Tb проводились также в реакциях $(\alpha, 2n\gamma)$, $(d, 2n\gamma)$ и (p, n) /16/ и в реакциях $(^3\text{He}, d)$ и (α, t) /17/.

В настоящей работе исследованы спектры гамма-лучей с помощью полупроводниковых Ge(Li) -детекторов. Исследовались также спектры электронов внутренней конверсии. Сведения об энергиях и интенсивностях гамма-лучей и электронов конверсий собраны в табл. 1. На основе анализа экспериментальных результатов, полученных в работах /3-9, 16, 17/ и в настоящей работе, предлагается схема распада ^{155}Dy /рис. 1 а, б/. Во втором разделе проводится обсуждение экспериментальных результатов.

УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

а/ Приготовление источников

Изотопы диспрозия получались в реакции глубокого расщепления тантала протонами с энергией 660 МэВ на синхроциклотроне ОИЯИ в Дубне. Из облученной танталовой мишени химическим путем выделялся элемент

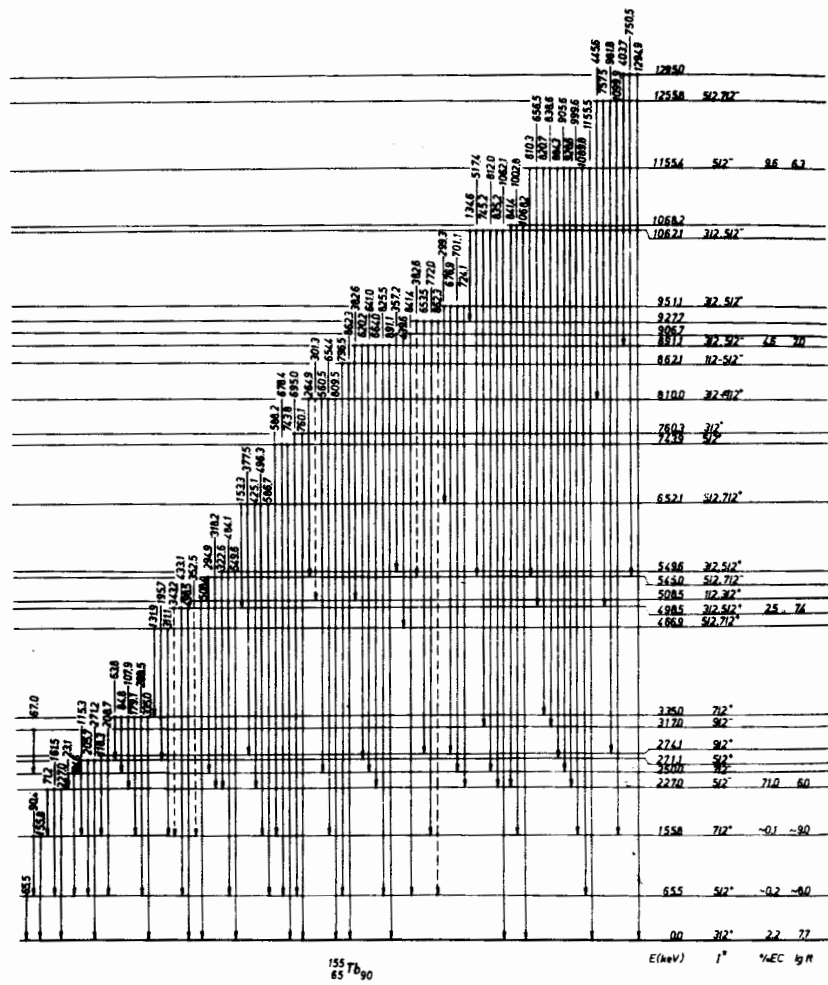


Рис. 1а

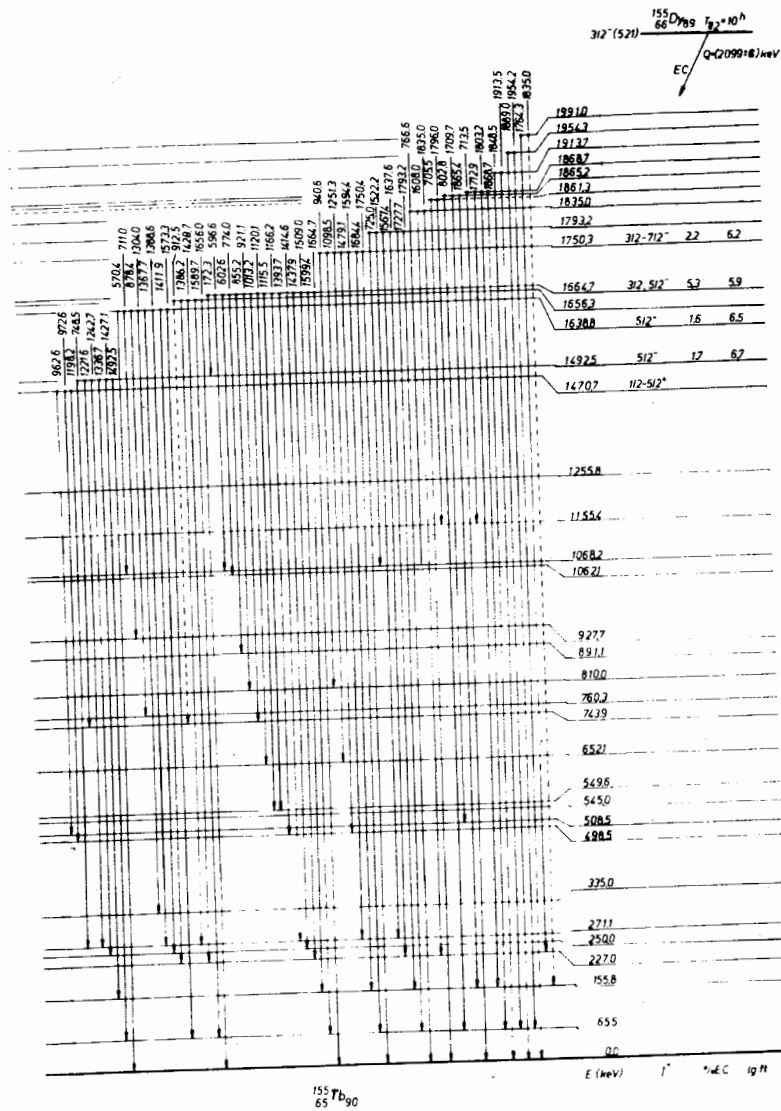


Рис. 1б

диспрозия. После выделения фракция диспрозия сепарировалась по изотопам на масс-сепараторе /1/. Моноизотопные источники ^{155}Dy использовались для исследований на спектрометрах с полупроводниковыми детекторами /гамма-спектры, спектры конверсионных электронов/.

б/ Исследование спектров гамма-лучей

Гамма-излучение ^{155}Dy исследовалось с помощью $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов с чувствительными объемами 37 см^3 и $0,5\text{ см}^3$ с разрешением $2,8$ (^{60}Co) и $1,0$ (^{57}Co) кэВ , соответственно. В качестве калибровочных источников в области энергий $250\text{--}2000\text{ кэВ}$ применялись ^{88}Y , ^{56}Co и ^{152}Eu . Энергии и интенсивности гамма-лучей приведены в табл. 1 в колонках 1 и 2. Для нормировки интенсивности гамма-лучей принято, что интенсивность перехода 227 кэВ равняется 10000 единиц.

в/ Исследования спектров электронов внутренней конверсии /ЭВК/

Спектры ЭВК в области энергий $150\text{--}1300\text{ кэВ}$ изучались с помощью бета-спектрометра с однородным магнитным полем на базе $\text{Si}(\text{Li})$ -детектора /2/. Интенсивности конверсионных электронов приведены в табл. 1 в колонке 6; в колонках 3, 4 и 5 приведены интенсивности конверсионных линий I_K , измеренные в работах /5-7/. Средние значения интенсивности ЭВК /колонка 7/ используются при вычислении коэффициентов внутренней конверсии /КВК/. Экспериментальные значения коэффициентов внутренней конверсии /колонка 8/ нормированы до $a_K(227, \text{E}1) = 0,29$. Величина КВК перехода 227 кэВ измерена в работе /5/. Выводы о мультипольности переходов приведены в табл. 1 /колонка 10/.

Таблица 1.
Энергии, относительные интенсивности гамма-лучей и конверсионных электронов, возникающих при распаде ^{155}Dy , КВК и мультипольности переходов в ядре ^{155}Yb .

$E_{\gamma} \pm \Delta E_{\gamma}$	$I_{\gamma} \pm \Delta I_{\gamma}$	I_K работа /5/	I_K работа /6/	I_K работа /7/	I_K наг. работа	I_K средн.	$a_K \cdot 10^3$ Мультиполь.	$E_{\gamma} \rightarrow E_{\beta}$ уровни	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
23,1								ML/E2=60 д)	250-227
63,6 ^{a)}	≤ 5								335-271
65,5	280 ± 20	1000	1392	1000		1130	4035	ML/E2=34 д)	65-0
67,0	< 30			20		20	> 666		317-250
71,2 ^{a)}	$5,5 \pm 0,9$			4,8		4,8	872	E1	227-155
84,8 ^{a)}	$21,6 \pm 2,2$			3,0		3,0	139		335-250
90,4	234 ± 20			270		270	1154	ML/E2=37 д)	155-65
107,9 ^{a)}	≤ 10								335-227
115,3	20 ± 6		17,4	18,0		17,7	885	ML/E2=28 д)	271-155
118,3	$18,4 \pm 2,0$		15	15		15	815	ML+E2	274-155
121,1 ^{a)}	≤ 5			0,6		0,6			
131,9 ^{a)}	≤ 5			1,5					466-335
134,6 ^{a)}	≤ 5			1,0		1,0			1062-927
135,5 ^{a)}	≤ 5			0,6		0,6			

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
153,3	8,7 \pm 1,7			3,6		3,6	414	E2	652-498
155,8	38,0 \pm 2,2	15	10,7	8,5		11,4	300	E2	155-0
161,5	170 \pm 20	20	15,1	8,6		14,6	85,9	E1	227-65
166,5 \pm 0,5 ^{a)}	~10								
172,3 ^{a)}	45			0,52		0,52			1664-1492
179,1 ^{a)}	45			0,4		0,4			335-155
184,6	477 \pm 40	25	21,5	20,0		22,1	46,4	E1	250-65
195,7 ^{a)}	45			1,34		1,34	>268	(M1)	466-271
205,7	46 \pm 4		11,3	12,0		11,6	253	M1/E2=6 λ)	271-65
208,7 ^{a)}	45			1,04		1,04			274-65
227,0	10000	290	290	290	290	290	29	E1	227-0
264,9 \pm 0,3 ^{a)}	12,9 \pm 3,3								810-545
269,5	23 \pm 4								335-65
271,2	156 \pm 5		16,0	22,0		19,0	121	M1/E2=12 μ)	271-0
294,9	~10			0,7	0,43	0,57			645-250
299,3 ^{a)}	~8								951-652
301,3	~8								810-508
311,1	~10			0,28		0,28			466-155

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
318,0 \pm 0,3	30 \pm 5			3,18	1,87	2,53	84,3	M1	545-227
322,6 ^{a)}	45			0,34	0,87	0,6			549-227
335,0 \pm 0,2	18 \pm 4			0,64		0,64	35,5	E2	335-0
343,2 \pm 0,3	12 \pm 3								498-155
352,5 \pm 0,3	5 \pm 1								508-155
357,2 \pm 0,3	6 \pm 2								907-549
377,5 \pm 0,5	45								652-274
382,6 \pm 0,2	28 \pm 3			0,26		0,26	9,3	E1	891-508
399,1 \pm 0,5 ^{a)}	8 \pm 2								
403,7 \pm 0,3	25 \pm 3		1,45	1,9	1,02	1,46	58,4		1295-891
420,9 \pm 0,4	5,5 \pm 1,0			0,64	0,25	0,44	78,2		
425,1 \pm 0,4	9 \pm 1			0,6	0,24	0,42	46,7		652-227
433,1 \pm 0,1	100 \pm 9	4,0	2,9	5,6	3,8	4,07	40,6	M1	498-65
439,6 \pm 0,5 ^{a)}	7 \pm 1								907-466
441,6 \pm 0,5 ^{a)}	7 \pm 1								
445,6 \pm 0,3 ^{a)}	8 \pm 1								1255-810
452,1 \pm 0,2	24 \pm 2	1,7	0,64	1,22	0,63	1,05	49,7		
458,8 \pm 0,2	16 \pm 2	1,6	0,64	1,6	0,66	1,12	70,0		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
463,0±0,5	≤5			0,26	0,24	0,25			
467,6±0,5	≤5								
484,1±0,1	140±10	3,4	3,77	6,34	3,95	4,36	31,1	MI	549-65
496,3±0,2 ^{a)}	26±5								652-155
498,5±0,1	252±10	5,0	5,5	9,5	5,99	6,50	25,8	MI	498-0
508,4±0,2	176±20	1,8	3,2	5,0	3,12	3,28	18,6	MI+E2	508-0
511,0±0,1	300±100								
517,4±0,2	14±3			0,4	0,19	0,29	20,7	MI	1062-545
549,6±0,1	135±3	2,6	3,2	4,28	3,35	3,35	24,8	MI	549-0
560,5 ^{a)}	≤5		0,29	0,2	0,08	0,19			810-250
570,4±0,1	26±2		0,29	0,94	0,45	0,56	21,5	MI	1638-1068
586,7±0,2	25±5			0,78		0,64	25,6	(MI)	652-65
588,2±0,2	11±5	0,5		0,26		0,26	23,6	(MI)	743-155
596,6 ^{a)}	≤5		0,32	0,18	0,16	0,22			1664-1068
602,6 ^{a)}	≤5				0,11	0,11			1664-1062
609,7	14±2			0,22		0,22			1155-545
610,3 ^{a)}				0,16		0,16			
618,3	12±3			0,44		0,44	36,7		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
620,2 ^{a)}	16±3								891-271
641,0±0,1	180±5	1,0		2,1	1,25	1,45	8,06	E2	891-250
653,5±0,3	20±4	0,8		0,18	0,11	0,36			927-274
654,4 ^{a)}				0,24		0,24			810-155
656,5±0,2	18±3								1155-498
664,0±0,1	328±27	2,5	3,77	5,7	3,52	3,87	11,8	MI	891-227
676,9 ^{a)}	~8								951-274
678,4±0,1	28±5		0,22	0,62	0,27	0,37	13,2	MI	743-65
695,0±0,1	32±3		0,43	0,52	0,33	0,43	13,4	MI	760-65
701,1±0,1 ^{a)}	8±2		0,17			0,17			951-250
705,5±0,2 ^{a)}	6±2			0,18		0,18			1861-1155
711,0±0,5 ^{a)}	8±4								1638-927
713,5±0,5 ^{a)}									1868-1155
721,2±0,3	38±4	0,3	0,4	0,34	0,43	0,35	9,2	MI	
724,1±0,5	30±3			0,18		0,18	6,0	E2,MI+E2	951-227
725,0±0,3 ^{a)}	34±4		0,31	0,42		0,36	10,6	MI	1793-1068

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
743,6	} 51+4			1,44	0,91	1,17			743-0
745,2 ^{a)}		0,6	1,13			0,86			1062-335
748,5+0,3 ^{a)}	12+3								1492-743
750,5+0,3	8+4								1295-545
757,5+0,5	4+2								1255-498
760,1+0,2	23+2	0,3	0,75	0,98	0,57	0,65	28,3	M1+E2+E0	760-0
766,6+0,2 ^{a)}	4+1								1835-1068
772,0+0,5	6+1								927-155
774,0+0,4 ^{a)}	12+2								1664-891
778,0+0,4 ^{a)}	5+1								
782,0+0,2	17+3		0,12	0,14	0,13	0,13	7,6	M1	
784,8+0,3	10+2		0,32	0,07	0,19	0,19	19,0	M2	
756,5+0,3	11+2		0,16	0,06	0,11	0,11	10,0		862-65
802,8+0,2 ^{a)}	7+2								
807,4+0,3	11+3								
809,4+0,2	10+2								810-0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
812,0+0,1	57+2	0,25	0,52	0,74	0,47	0,49	8,6	M1	1062-250
820,7+0,3 ^{a)}	5+1								1155-335
825,5+0,1	21+2								891-65
835,2+0,2	39+2	0,4	0,58	0,64	0,35	0,49	12,6		1062-227
838,6+0,2 ^{a)}	17+3			0,16	0,15	0,15	8,8		1155-317
841,4+0,2	40+2	0,25	0,46	0,52	0,26	0,37	9,2		1068-227
849,0+0,2	28+3		0,31	0,36	0,21	0,29	10,4		
855,2+0,4	4+1								1664-810
862,3+0,4 ^{a)}	4+1								862-0
867,5+0,5 ^{a)}	6+3								
872,0 ^{a)}	6+2			0,18	0,15	0,16			
878,4+0,5	6+4								1638-760
884,3+0,2	10+2								1155-271
891,1+0,1	86+4	0,2	0,34	0,17	0,24	0,24	2,79	E1/M2=6 ^{M)}	891-0
905,6+0,1	370+20	1,0	1,77	2,62	1,74	1,78	4,81	M1	1155-260
912,6+0,1	32,3								1656-743
921,1+0,2	21+2								1664-743

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
928,6±0,1	108±7	0,6	0,75	1,26	0,81	0,85	7,87		1155-227
938,4±0,2	18±2								
940,6±0,2	45±2			0,14	0,07	0,1	2,22		1750-810
962,6±0,2	11±2								
972,6±0,2	14±2			0,38					
981,6±0,1	33±3				0,07	0,07			1255-274
996,4 ^{a)}	65			0,1	0,07	0,085			1062-65
999,6±0,1	335±23	0,4	0,58	0,68	0,41	0,52	1,5	E1	1155-155
1002,8 ^{a)}	45			0,1		0,1			1068-155
1013,1±0,1	48±4			0,2	0,05	0,12			1664-652
1023,9±0,3 ^{a)}	4±1								
1062,1±0,1	50±6			0,08		0,08	1,6	(E1)	1062-0
1068,2±0,1	84±4			0,2	0,14	0,17	2,0	E2	1068-0
1089,8±0,1	421±10	0,3	0,63	0,74		0,56	1,3	E1	1155-65
1094,5±0,5 ^{a)}	65								
1098,5±0,3	1214								1750-652
1099,9±0,3	14±2								1255-155

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1115,2±0,1	57±2			0,08		0,08	1,4	E1	1664-549
1120,1±0,2	11±1								1665-544
1143,4±0,2	8±1								
1155,5±0,1	309±6	0,25	0,4	0,46	0,2	0,33	1,07	E1	1155-0
1166,2±0,1	244±14	0,2	0,29	0,38	0,18	0,26	1,06	E1	1664-498
1172,8±0,2	8±1								
1183,8±0,3	4±1								
1198,2±0,3	5±1								
1202,3±0,3 ^{a)}	7±2								
1221,6±0,3	7±1								1492-271
1232,5±0,3	6±1								
1242,7±0,2	14±2								
1251,3±0,1	142±7	0,16	0,21	0,21	0,054	0,16	1,13	E1	1492-250
1294,9±0,1	27±2								1750-498
1304,0±0,1	25±2		0,03			0,03	1,2	E1	1295-0
1316,2±0,2	22±2		0,21			0,21			1638-335
1336,7±0,1	67±7		0,07	0,06		0,06	0,9	E1	1492-155

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1348,7±0,4	10±3		0,03			0,03			
1355,3±0,4 ^{a)}	1,1±0,3								
1356,6±0,3 ^{a)}	2,5±0,3								
1367,7±0,1	114±6		0,06	0,16		0,11	0,9	E1	1638-271
1386,2±0,3	15±3								1656-271
1386,6±0,3	16±3		0,05	0,08		0,06	3,7		1638-260
1393,7±0,3	39±4								1664-271
1403,4±0,4	3±1								
1411,9±0,4	9±2								1638-227
1414,6±0,4	38±8		0,11	0,17		0,14	3,7		1664-260
1427,1±0,2	58±5		0,05	0,06		0,05	0,86	E1	1492-65
1428,7±0,8	2±1								1656-227
1437,9±0,2	46±2		0,08	0,12		0,10	2,17	M1	1664-227
1451,8±0,2	23±2								
1459,0±0,4 ^{a)}	4±1								
1479,1±0,2	78±4		0,1	0,07		0,08	1,03	(E1)	1750-271
1492,5±0,2	86±3		0,07	0,08		0,075	0,86	E1	1492-0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1509,0±0,2	37±2								1664-155
1522,2±0,4	4,5±0,5								1793-271
1562,6±0,2	12±2								
1567,4±0,5	3,6±1,0								1793-227
1573,3±0,2	15±2								1638-65
1589,7±0,2 ^{a)}	5,1±1,5								1656-65
1594,4±0,3	9±2								1750-155
1599,4±0,2	42±6			0,04		0,04	0,95	(E1)	1664-65
1608,0±0,2 ^{a)}	4,5±1,0								1836-227
1637,6±0,2	14±2								1793-155
1647,6±0,8 ^{a)}	1,0±0,3								
1649,2±0,5 ^{a)}	1,0±0,3								
1656,0±0,4	5±1								1656-0
1664,7±0,2	134±5		0,107	0,1		0,103	0,77	E1	1664-0
1684,4±0,3	16±2								1750-65
1709,7±0,2	2,0±0,4								1865-155
1712,9±0,2	2,8±0,6								1868-155
1727,7±0,4	6±1								1793-65

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1745,3±0,3	1,8±0,5								1750-0
1750,4±0,3	4,1±0,6								
1759,1±0,5 ^{a)}	1,0±0,3								
1764,3±0,3	2,3±0,4								1991-227
1793,2±0,3	7±1								1793-0
1796,0±0,5 ^{a)}	0,6								1861-66
1803,2±0,3	2,5±0,5								1868-65
1835,0±0,3	1,8±0,5								1835-0
1845,0±0,5	0,7								
1848,5±0,5 ^{a)}	0,3								1913-65
1865,1±0,5 ^{a)}	0,9								1865-0
1868,7±0,5 ^{a)}	0,4								1868-0
1889,0±0,3	3,3±0,5								1954-65
1913,7±0,5	0,6								1913-0
1954,2±0,3	2,2±0,5								1954-0

а) Новые γ -переходы по сравнению с работой /9/.

б) Энергии γ -лучей даны без ошибок, взяты из работы /7/.

в) Относительные интенсивности γ -лучей даны в единицах $I_{\gamma}(227) = 1000$.

г) При расчете экспериментальных значений α_k принималось, что переход с энергией 227 кэВ типа Е1.
д) Мультипlicity переходов определены в работе /7/ из соотношения $L_I : L_{II} : L_{III}$.

2/ Схема распада $^{155}\text{Dy} \rightarrow ^{155}\text{Tb}$

Схема распада $^{155}\text{Dy} \rightarrow ^{155}\text{Tb}$, предлагаемая на основе результатов настоящих исследований и исследований, проведенных в работах /3-9/, изображена на рис. 1а,б. В настоящей работе введен ряд новых уровней на основе баланса энергии и интенсивностей гамма-переходов. Для гамма-переходов, размещенных в схеме распада, в табл. 1 в колонке 11 указана энергия уровней, между которыми размещен данный переход. Для сравнения в табл. 2 представлены уровни, введенные в работах /6-8,9/ и в настоящей работе.

На рис. 1а,б указаны энергии, спины, заселенность и $\lg(ft)$ уровней, наблюдаемых в распаде $^{155}\text{Dy} \rightarrow ^{155}\text{Tb}$. Вероятности заселения уровней рассчитаны из баланса интенсивностей гамма-переходов. При расчете вероятности заселения уровней величина $Q_{\text{EC}} = /2099 \pm 6/ \text{ кэВ}$ принята согласно работе /10/. В табл. 3 приведены квантовые характеристики некоторых возбужденных состояний ^{155}Tb .

2. ОБСУЖДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

а/ Основные состояния ^{155}Dy и ^{155}Tb

Ламм /11/, используя метод Беса и Шиманского /12/, провел расчет равновесной деформации для нечетных ядер тербия и диспрозия в зависимости от ϵ и ϵ_4 / ϵ и ϵ_4 - значения квадрупольной и гексадекапольной деформации, соответственно/. Результаты этих расчетов даны в табл. 4.

Непосредственное измерение внутреннего квадрупольного момента $Q_0 = 4,55 \text{ б}$, проведенное в работе Росена /13/ для основного состояния ^{155}Dy , дает величину деформации $\epsilon = 0,18$, что хорошо согласуется с теоретическими расчетами. Величина спина основных состояний ^{155}Dy и $^{155}\text{Tb}(3/2)$ подтверждена экспериментально авторами работ /14,15/.

Таблица 2.

Сравнение уровней ^{155}Tb , введенных в настоящей работе, с уровнями, введенными в работах /6-9/.

Е.д. (кэВ)

/8/	/6/	/7/	/9/	Настоящая работа
I	2	3	4	5
65,4	65	65,5	65,4 ^{a)}	65,5
155,8	156	155,8	155,7 ^{a)}	155,8
227,0	227	227,0	226,9 ^{a)}	227,0
	250 ^{a)}	250,1	249,9 ^{a)}	250,0
271,2	271	271,1	271,0 ^{a)}	271,1
		274,1	(274,1)	274,1
		317,1	(316,9)	317,0
		334,9	334,8	335,0
		408,7		
		466,8		466,9
498,8 ^{a)}	499 ^{a)}	498,7	498,6 ^{a)}	498,5
		508,4	508,5	508,5
			(517,6)	
		545,0	544,7 ^{a)}	545,0
549,9	550	549,6	549,6 ^{a)}	549,6
			(618,8)	
640,6		652,0	651,7	652,1
		743,9	743,9	743,9
		760,5		760,3
			809,9	810,0
				862,1
		880,9		
891,1 ^{a)}	891 ^{a)}	891,2	891,1 ^{a)}	891,1
905,3				906,7
				927,7
		937,4		
				951,1
			1033,9	
	1062 ^{a)}	1062,0	1062,2 ^{a)}	1062,1
	1068 ^{a)}	1068,2		1068,2
				1120,2
1155,3 ^{a)}	1155	1155,4	1155,4 ^{a)}	1155,4
			1208,7	

Таблица 2 (продолжение)

I	2	3	4	5
1155,3 ^{a)}	1155	1155,4	1155,4 ^{a)}	1155,4
			1208,7	
				1255,8
1295,0 ^{a)}			1295,0 ^{a)}	1295,0
1452,1				
			1470,7	1470,7
1479,4				
1492,6	1494	1492,0	1492,6 ^{a)}	1492,5
1563,5				
1575,1				
1607,5				
	1638 ^{a)}	1638,8	1638,9 ^{a)}	1638,8
			1656,7 ^{a)}	1656,3
1665,1 ^{a)}	1665 ^{a)}	1664,7	1664,9 ^{a)}	1664,7
			(1722,4)	
1749,8	1750 ^{a)}	1750,0	1750,2 ^{a)}	1750,3
1792,7			1793,6	1793,2
				1835,0
				(1861,3)
1865,8			(1866,0)	1865,2
				1868,7
				1913,7
1953,6	1955		(1954,4)	1954,3
1990,9			1991,3	1991,0

a) Уровни введены на основе гамма-гамма-совпадений.

Таблица 3

Квантовые характеристики некоторых возбужденных состояний ^{155}Tb .

I^π	$3/2^+ [411]$	$3/2^+ [411]$ - $Q_n(22)$	$3/2^+ [411]$ + $Q_n(20)$	$5/2^+ [413]$	$7/2^+ [404]$	$1/2^+ [411]$
$1/2^+$		508,5				
$3/2^+$	0	549,6	760,3			498,6
$5/2^+$	65,5		743,9	271,1		652,0
$7/2^+$	155,8		810,0	335,0	466,9	
$9/2^+$	274,1					

I^π	$5/2^- [532]$	$5/2^- [532]$ - $Q_n(22)$	$7/2^- [523]$	$3/2^- [541]$	$1/2^- [550]$
$1/2^-$					862,1
$3/2^-$		1062,1		891,1	951,1
$5/2^-$	227,0	1155,4			(906,7)
$7/2^-$	250,0	1255,8	545,0		
$9/2^-$	317,0				

Таблица 4

Ядро	ϵ	ϵ_4	Квантовые характеристики
^{155}Dy	0,19	-0,03	$3/2^- [521]$
^{155}Tb	0,205	-0,026	$3/2^+ [411]$

б/ Ротационная полоса основного состояния $3/2^+ [411]$

Вычисления одночастичных состояний с применением потенциала Саксона-Вудса дают для основного состояния ^{155}Tb квантовые характеристики $3/2^+ [411]$. Авторы работы [16], исследуя возбужденные состояния ^{155}Tb в реакциях $(d, 2n\gamma)$ и $(p, n\gamma)$, наблюдали ротационную полосу основного состояния до значения спина $23/2^+$. Уровни $65,5 / 5/2^+ /$, $155,8 / 7/2^+ /$ и $274,1 / 9/2^+ /$ кэВ, которые наблюдаются в распаде, являются членами этой полосы.

в/ Ротационная полоса $5/2^- [532]$ и $5/2^+ [413]$

Уровень $227,0$ кэВ разряжается переходами $71,2$ (E1), $161,5$ (E1) и $227,0$ (E1) на уровни $155,8 / 7/2^+ /$, $65,6 / 5/2^+ /$ и $0 / 3/2^+ /$ кэВ. Установление мультипольностей для этих переходов позволяет определить спин уровня $227,0$ кэВ как $5/2^-$.

В схеме Саксона-Вудса состояние со спином $5/2^-$ в этой области энергий обладает квантовыми характеристиками $5/2^- [532]$. К ротационной полосе, построенной на одночастичном состоянии $5/2^- [532]$, принадлежат уров-

ни 250,0 /7/2⁻/ и 317,0 /9/2⁻/ кэВ. Авторы работы^{/16/} возбуждали в реакциях уровни ротационной полосы 5/2⁻ [532] до спина 23/2⁻, уровни 250,0 и 317,0 кэВ являются членами этой полосы. Сильное взаимодействие Кориолиса между полосами 5/2⁻ [532] и 7/2⁻ [532] влияет на энергию уровней внутри полос. Этим объясняется близкое расположение /23 кэВ/ уровней со спином 5/2⁻ и 7/2⁻.

С уровня 271,1 кэВ идут три перехода 115,3 (M1), 205,7 (M1) и 271,2 (M1) кэВ на уровни ротационной полосы 3/2⁺ [411]. Из соотношения интенсивностей между ними установлены квантовые характеристики уровня 271,3 кэВ как 5/2⁺ [413]. Вторым членом полосы 5/2⁺ [413] является уровень 335,0 /7/2⁺/ кэВ. Аналогичную интерпретацию сделали авторы работы^{/16/}.

г/ Состояния 3/2⁻ [541] и 1/2⁻ [550]

На основе баланса энергий и интенсивностей гамма-переходов введены уровни 862,1 /1/2⁻/, 906,7 и 951,1 /3/2⁻/ кэВ. Авторы работы^{/17/}, исследуя возбужденные состояния ¹⁵⁵Tb в реакциях (³He, d) и (α, t), наблюдали уровни с энергиями 862 /1/2⁻/, 907 /5/2⁻/ и 950 /3/2⁻/ кэВ. Авторы утверждают, что эти уровни являются членами ротационной полосы 1/2⁻ [541]. В одночастичной схеме Саксона-Вудса состояние 1/2⁻ [541] лежит примерно на 1 МэВ выше. Поэтому, используя теоретические расчеты, проведенные с потенциалом Саксона-Вудса^{/18/}, предлагаем для этой полосы сложную структуру типа 1/2⁻ [550] 18% + ([532]⁺ + Q₁/22/) 76% + ([541]⁺ + Q₁/22/) 3%. Для уровня 891,1 /3/2⁺/ кэВ авторы работы^{/9/} предложили структуру типа 3/2⁺ [541]. Уровень 1033,9 /5/2⁻/, предложенный в работе^{/9/} как член этой ротационной полосы, мы не наблюдаем. Согласно расчетам, проведенным в работе^{/18/}, состояние 3/2⁻ [541] должно смешиваться с октупольными возбужденными состояниями типа 3/2⁺ [411] + Q₁/30/.

д/ β и γ-вибрационные состояния, полоса 1/2⁺ [411]

Уровни 517,6 /1/2⁺/, 498,5 /3/2⁺/ и 652,1 /5/2⁺/ авторы работы^{/9/} интерпретируют как члены ротационной полосы 1/2⁺ [411]. В настоящей работе не наблюдается уровень 517,6 кэВ. Членами γ-вибрационной полосы 3/2⁺ [411] - Q₁/22/ являются уровни 508,5 /1/2⁺/ и 549,6 /3/2⁺/ кэВ. Подробное обсуждение состояний 1/2⁺ [411] и 3/2⁺ [411] - Q₁/22/ проведено в работе^{/9/}.

Уровень 760,3 кэВ, введенный на основе баланса энергий, разряжают два перехода: 760,3 (M1+E2+E0) и 695,0 (M1) кэВ. Установление мультипольности для этих переходов позволяет установить спин уровня как 3/2⁺. Присутствие мультипольности типа E0 свидетельствует о его вибрационном характере.

Установление мультипольностей переходов, разряжающих уровни 743,9 и 810,0 кэВ, позволяет установить их спины как 5/2⁺ и 3/2⁺ - 7/2⁺, соответственно. Не исключено, что уровни 760,3, 743,9 и 810,0 кэВ являются членами ротационной полосы 3/2⁺ [411] + Q₁/20/ со спинами 3/2⁺, 5/2⁺ и 7/2⁺. Перестановку уровней можно объяснить взаимодействием Кориолиса этой полосы с полосой 1/2⁺ [411].

е/ Другие уровни

Уровни 466,9 /7/2⁺/ и 545,0 /7/2⁻/ кэВ авторы работы^{/16/} интерпретируют как одночастичные состояния 7/2⁺ [404] и 7/2⁻ [523], соответственно, хотя трудно объяснить сильное опускание состояния 7/2⁺ [404].

Ранее известные уровни 1062,1 /3/2⁻/ и 1155,4 /5/2⁻/ кэВ и введенный в настоящей работе уровень 1255,8 /7/2⁻/ кэВ являются членами ротационной полосы с K=1/2⁻. Эта полоса имеет момент инерции такой же, как и ротационная полоса основного состояния. Авторы работы^{/17/}, исследуя в реакциях возбужденные состояния ¹⁵⁵Tb, уровней с энергиями 1062,1, 1155,4 и 1255,8 кэВ не наблюдали. Исходя из изложенных соображений и рассматривая разрядку уровней данной полосы, мы не ис-

ключаем, что эти состояния принадлежат к γ -вибрационному состоянию $5/2^- [532] - Q_1/22/$ и имеют существенные примеси октупольных возбуждений типа $3/2^+ [411] - Q_1/31/$.

Разрядка уровня с энергией $1664,7 /5/2^-/$ и его $f(g(f)) = 5,8$ характерны для уровня, имеющего трехквазичастичную структуру. Не исключено, что этот уровень является трехквазичастичным уровнем типа $p5/2^- [532]_{n_1} 3/2^- [532]_{n_2} 3/2^- [521]$. Структуру других уровней, расположенных в пределах энергий 1400-2000 кэВ, пока трудно установить.

Авторы считают своим приятным долгом выразить глубокую признательность А.Хрынкевичу и К.Я.Громову за постоянный интерес к работе, Н.А.Лебедеву и А.Лятушинскому - за подготовку радиоактивных источников.

Литература

1. 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. Препринт ОИЯИ 13-4763, Дубна, 1969.
2. Е.Береги, Ц.Вылов, И.Крацикова, Ли Чен Сон, Б.П.Осипенко, Л.А.Пермякова, В.Г.Тишин. Препринт ОИЯИ, P13-6830, Дубна, 1972.
3. В.Гнатович, К.Я.Громов, Ф.И.Мухтасимов. Препринт ОИЯИ P-2729, Дубна, 1965.
4. А.Баланда, И.И.Громова, К.Зубер, К.Круляс. Препринт ОИЯИ Д6-5783, Дубна, 1971.
5. L.Persson and H.Ryde. Ark. Fys., 25, 397 (1963).
6. J.Jursik, V.Hnatovicz and J.Zvolisky. Czech.J.Phys., B19, 870 (1969).
7. B.Harmatz and T.H.Handley. Nucl.Phys., A191, 497 (1972).
8. P.H.Blichert-Toft, E.G.Funk and J.W.Mihelich. Nucl.Phys., A100, 369 (1967).
9. J.L.Barat and J.Treherne. Nucl.Phys., A199, 386 (1973).
10. A.H.Wapstra and N.B.Gove. Nucl.Data Tables, A9, 276 (1971).
11. Inger-Lena Lamm. Nucl.Phys., A125, 504 (1969).
12. D.Bes and L.Szymanski. Nucl.Phys., 28, 42 (1961); Sci. Prof. Oxf., 55, 187 (1967).
13. A.Rosen and H.Nyqvist. Physica Scripta, v. 6, 24 (1972).
14. R.Rosen, C.Ekström, N.Nyqvist, K.E.Adelroth. Nucl.Phys., A154, 526 (1970).

15. K.E.Adelroth, H.Nyqvist and A.Rosen. Physica Scripta, b. 2, 96 (1970).
16. G.Winter, L.Funke, K.-H.Kaun, P.Kemnitz and H.Sodan. Nucl.Phys., A176, 609 (1971).
17. J.C.Tippet and D.G.Burke. Can.J.Phys., 50, 3152 (1972).
18. V.G.Soloviev and S.I.Fedotov. Preprint JINR, E4-6055, Dubna (1971).

Рукопись поступила в издательский отдел
9 января 1975 года.