

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P6-87-73

А.А.Богдзель, С.Т.Бонева, Э.В.Васильева,
О.И.Елизаров, Ю.П.Попов, А.М.Сухой;
В.А.Хитров, Ю.С.Язвический

ИЗУЧЕНИЕ КАСКАДНОГО γ -РАСПАДА ^{178}Hf

Направлено в журнал "Известия АН СССР"

1987

Каскадный γ -распад компаунд-состояний сложных ядер изучается методом суммирования амплитуд совпадающих импульсов (САСИ) в ЛНБ ОИЯИ уже несколько лет. Были получены схемы γ -распада компаунд-ядер ^{165}Dy , ^{144}Nd , ^{175}Yb , ^{168}Er , ^{163}Dy и ^{179}Hf [1-6].

В данной работе на основе анализа наиболее интенсивных двухквантовых каскадов, наблюдаемых в реакции $^{177}\text{Hf}(n, 2\gamma)$ на тепловых нейтронах, получены сведения об уровнях ^{178}Hf с энергией возбуждения $E_{\text{н}} \lesssim 5,4$ МэВ.

Измерения выполнены на пучке нейтронов реактора ИЕР-30 с образцом из окиси ^{177}Hf . Захват тепловых нейтронов идентифицировался по методу времени пролёта нейтронов. Гамма-гамма-совпадения регистрировались двумя $\text{Be}(\text{Li})$ -детекторами объёмом $\approx 140 \text{ см}^3$, что обеспечивало эффективность $\epsilon \approx 5 \cdot 10^{-5}$ регистрации каскада ^{60}Co в пике полного поглощения энергии каскада $E_{\text{к}} = 2,5$ МэВ. Порог отбора совпадений - 520 кэВ, энергетическое разрешение спектрометра - ≈ 4 кэВ (для $E_{\gamma} = 1332$ кэВ). Энергетическая калибровка спектрометра выполнена по каскадным γ -квантам реакции $^{177}\text{Hf}(n, \gamma)^{178}\text{Hf}$, имеющим энергии $E_1 = 1207,204$ и $E_2 = 6112,4$ кэВ [7].

Методика измерений и обработки γ - γ -совпадений методом САСИ описана в [8,9]. Она сводится к следующему:

- построение из записанных на магнитную ленту кодов γ - γ -совпадений спектра сумм амплитуд. Участок этого спектра для ядра ^{178}Hf приведён на рис. 1,
- отбору [9] с помощью спектра САСИ из массива γ - γ -совпадений случаев полного поглощения каскадных γ -квантов между компаунд-состоянием и заданным низколежащим уровнем. Из отобранных совпадений после учёта эффективности детекторов получался дифференциальный

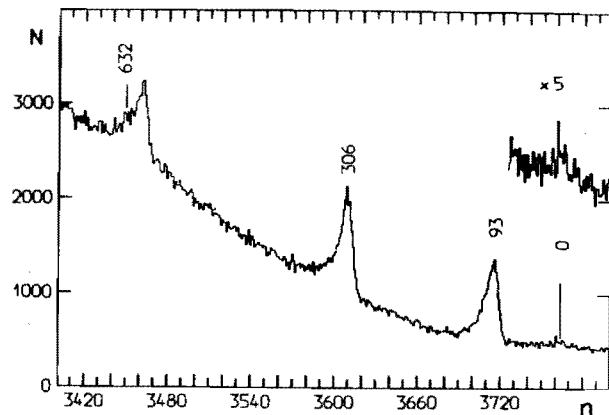


Рис. 1. Часть спектра сумм амплитуд совпадающих импульсов из реакции $^{177}\text{Hf}(n, 2\gamma)$. N - число отсчётов, n - номер канала. Над пиками приведена энергия конечного уровня двухквантового каскада (кэВ).

спектр (ДС) - амплитудный спектр одиночного детектора, накопленный только из тех кодов γ - γ -совпадений, которые соответствуют случаю полного поглощения детектором двух каскадных переходов. Пример этого спектра приведён на рис. 2. Аппаратурно-разрешённые каскады в ДС представлены парой одинаковых пиков, симметрично расположенных относительно половины энергии каскада $E_1 + E_2$. Экспериментально неразрешённые каскады формируют сплошное распределение. В каждом ДС ^{178}Hf , так же, как и в ранее исследованных ядрах, доля сплошного распределения, сформированного большим числом слабых каскадов, не превышает 50 % общей суммы интенсивности двухквантовых каскадов. Более половины суммы приходится на долю нескольких десятков интенсивных каскадов. На рис. 2 последние формируют группу пиков.

В эксперименте выделены двухквантовые каскады между компаунд-состоянием и восемь конечными уровнями ядра ^{178}Hf с энергией возбуждения $E_{\text{н}} \leq 1276,7$ кэВ. Характеристики последних приведены в заключительной таблице этой работы.

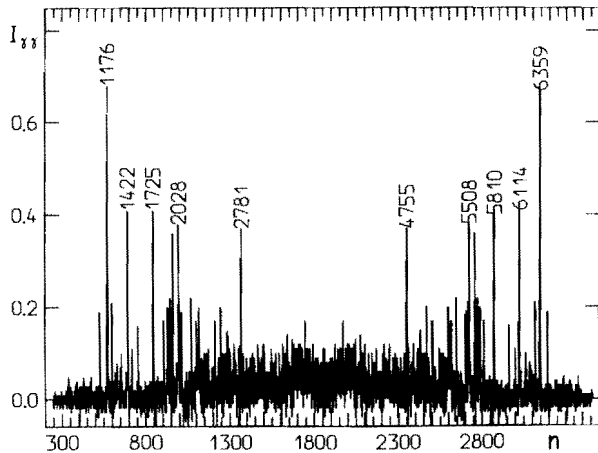


Рис. 2. Распределение интенсивности двухквантовых каскадов с суммарной энергией 7533 кэВ.

n - номер канала, $I_{\gamma\gamma}$ интенсивность каскадов.

Площадь спектра нормирована на 100.

Для части каскадов указана энергия γ -переходов.

Значения энергии E_1 и E_2 переходов, интенсивность $I_{\gamma\gamma}$ (в процентах от суммы интенсивности каскадов заданной энергии) приведены в табл. I. Для 93 из 166 выделенных каскадов дана найденная энергия промежуточного уровня E_M .

Эксперимент не позволяет непосредственно определить порядок следования γ -переходов в каскаде. Эту трудность в ряде случаев удалось преодолеть, анализируя совместно совокупность каскадов из всех полученных ДС на основе предположения о том, что переходы с одной и той же энергией, наблюдаемые в каскадах на разные конечные уровни, являются первичными. Энергии вторичных γ -переходов в этом случае отличаются на величину разности энергий конечных уровней каскада. Метод выделения первичных γ -переходов, использующий в качестве функции правдоподобия многомерное нормальное распределение, изложен ранее [1].

Таблица I

N	E_1	E_2	$I_{\gamma\gamma}(\delta I_{\gamma\gamma})$	$E_M(\delta E_M)$
1	2	3	4	5
$E_1 + E_2 = 7626,3$				
1	6452,8	1173,5	4,9 (13)	1175,2(17)
2	6129,2	1497,1	6,9(13)	1496,4(8)
3	6063,5	1562,8	4,6(15)	1562,3(9)
4	5683,5	1942,8	5,0(15)	1942,1(7)
5	5509,0	2117,3	7,7(21)	2118,6(12)
6	5072,6	2553,7	6,3(20)	2552,6(12)
7	4669,2	2957,1	6,2(25)	2957,6(18)
8	3034,1	4592,2	6,2(26)	4593,1(19)
9	6713,2	913,2	2,4(10)	
10	6340,0	1286,3	2,9(14)	
11	6079,5	1546,8	3,6(15)	
12	6047,6	1578,7	3,1(15)	
13	4866,3	2760,1	4,8(21)	
14	4085,2	3541,2	5,5(20)	
15	3864,5	3761,8	6,1(24)	
$E_1 + E_2 = 7533,2$				
1	6451,8	1081,5	1,0(1)	1175,2(17)
2	6357,5	1175,7	4,3(1)	1267,2(16)
3	6303,0	1230,2	1,3(1)	1324,1(9)
4	6240,6	1292,6	0,5(1)	1384,7(10)
5	6130,7	1402,6	0,5(1)	1496,4(8)
6	6112,1	1421,1	2,7(1)	1513,6(6)
7	6063,4	1469,8	0,8(1)	1562,3(9)
8	5990,6	1542,6	1,0(1)	1636,0(7)
9	5818,7	1714,5	0,4(2)	1807,6(9)
10	5808,3	1724,9	3,7(2)	1818,4(6)
11	5758,4	1774,8	0,4(1)	1869,5(17)
12	5684,1	1849,1	1,3(1)	1942,1(7)
13	5627,9	1905,3	0,8(2)	1997,6(8)
14	5610,9	1922,3	1,5(3)	2013,9(15)
15	5600,1	1933,1	0,3(2)	2025,8(17)
16	5576,2	1957,0	2,7(2)	2050,8(7)
17	5506,2	2027,0	2,8(2)	2118,6(12)
18	5471,4	2061,8	1,5(2)	2155,6(7)
19	5353,8	2179,5	1,3(2)	2272,6(6)
20	5260,3	2273,0	1,8(2)	2365,5(7)
21	5153,4	2379,9	0,6(2)	2474,7(17)
22	5068,5	2464,8	1,6(2)	2557,8(9)
23	4996,0	2537,2	1,4(2)	2631,4(10)
24	4887,8	2645,4	0,7(2)	2737,5(10)
25	4761,9	2771,3	1,1(3)	2865,8(14)
26	4727,4	2805,9	0,8(2)	2898,7(8)
27	4668,2	2865,1	0,3(2)	2957,6(18)
28	4526,3	3007,0	0,5(2)	3100,5(14)
29	4513,4	3019,8	0,5(2)	3112,8(16)
30	3416,2	4117,0	0,6(3)	4210,4(21)
31	3301,1	4232,1	0,6(2)	4325,1(15)
32	2846,2	4687,0	0,6(2)	4781,8(17)
33	2752,8	4780,4	0,5(2)	4873,6(9)

Таблица I (продолжение)

1	2	3	4	5
34	2615,1	4918,2	1,1(2)	5010,0(13)
35	2238,5	5294,8	1,3(2)	5388,5(9)
36	6724,0	809,2	0,2(1)	
37	6365,3	1167,9	1,1(1)	
38	6348,7	1184,5	0,4(1)	
39	6191,2	1342,0	0,4(1)	
40	6072,5	1460,7	0,2(1)	
41	5639,3	1893,9	1,1(2)	
42	5521,2	2012,3	0,6(2)	
43	5497,7	2035,5	1,5(2)	
44	5277,1	2256,1	0,5(2)	
45	5025,7	2507,5	0,4(2)	
46	4839,0	2694,2	0,8(2)	
47	4753,3	2779,9	2,7(3)	
48	4594,1	2939,1	0,5(2)	
49	4550,4	2982,8	0,7(2)	
50	4486,9	3046,3	0,8(2)	
51	4303,0	3230,2	0,7(2)	
52	4259,7	3273,5	0,6(2)	
		$E_1+E_2=$	7319,7	
1	6448,7	871,0	0,3(1)	1175,2(17)
2	6360,7	959,0	1,0(1)	1267,2(16)
3	6301,4	1018,4	0,2(1)	1324,1(9)
4	6242,6	1077,1	1,0(2)	1384,7(10)
5	6112,5	1207,2	6,6(2)	1513,6(6)
6	6092,1	1227,6	1,6(2)	1533,5(7)
7	6065,3	1254,4	1,0(1)	1562,3(9)
8	5990,1	1329,6	0,9(1)	1636,0(7)
9	5818,7	1501,1	0,7(1)	1807,6(9)
10	5807,2	1512,5	1,7(1)	1818,4(6)
11	5757,7	1562,1	0,3(1)	1869,5(17)
12	5685,0	1634,7	0,4(2)	1942,1(7)
13	5629,6	1690,2	0,7(2)	1997,6(8)
14	5614,0	1705,7	0,6(2)	2013,9(15)
15	5574,9	1744,8	1,8(2)	2050,8(7)
16	5470,1	1849,7	1,2(2)	2155,6(7)
17	5354,4	1965,4	1,4(2)	2272,6(6)
18	5261,5	2058,2	1,4(2)	2365,5(7)
19	5068,7	2251,1	0,6(2)	2557,8(9)
20	4993,9	2325,8	0,7(2)	2631,4(10)
21	4889,8	2429,9	1,1(2)	2737,5(10)
22	4759,1	2560,6	0,8(3)	2865,8(14)
23	4728,0	2591,8	1,0(2)	2898,7(8)
24	4525,5	2794,3	0,8(2)	3100,5(14)
25	4513,7	2806,0	0,6(2)	3112,8(16)
26	3718,5	3601,2	0,5(2)	3909,5(17)
27	3415,6	3904,2	0,6(3)	4210,4(21)
28	3248,1	4071,7	0,7(3)	4377,9(13)
29	2752,8	4567,0	1,7(2)	4873,6(9)
30	2710,7	4609,0	0,8(2)	4914,7(12)
31	2617,6	4702,1	0,7(2)	5010,0(13)
32	2345,5	4974,3	1,4(2)	5282,8(20)

Таблица I (продолжение)

1	2	3	4	5
33	2236,5	5083,3	0,5(2)	5388,5(9)
34	6353,8	966,0	0,7(1)	
35	6216,5	1103,3	0,9(2)	
36	6175,9	1143,8	0,6(2)	
37	5898,3	1421,5	0,2(1)	
38	5864,3	1455,4	0,3(1)	
39	5849,5	1470,2	0,4(1)	
40	5670,6	1649,2	1,0(2)	
41	5592,2	1727,5	0,4(2)	
42	5515,0	1804,8	1,1(2)	
43	5502,0	1817,8	1,0(2)	
44	5452,8	1866,9	0,8(2)	
45	5422,8	1896,9	3,3(2)	
46	5413,9	1905,8	1,1(2)	
47	5292,9	2026,9	0,7(2)	
48	5206,7	2113,0	0,7(2)	
49	5193,0	2126,7	1,0(2)	
50	5170,2	2149,5	0,9(2)	
51	5160,2	2159,3	0,4(2)	
52	5143,7	2176,0	1,0(2)	
53	5042,0	2277,7	0,9(2)	
54	4661,2	2658,5	0,8(2)	
55	4497,3	2822,4	0,6(2)	
56	4415,8	2903,9	0,6(2)	
57	4311,5	3008,2	0,7(2)	
58	4225,6	3094,1	0,8(2)	
59	4212,0	3107,8	0,6(2)	
60	4179,2	3140,5	0,9(2)	
61	3939,2	3380,6	0,9(3)	
62	3893,3	3426,5	0,6(3)	
		$E_1+E_2=$	6994,3	
1	6113,5	880,8	3,2(11)	1513,6(6)
2	6093,6	900,6	4,3(11)	1533,5(7)
3	5149,9	1844,4	6,2(19)	2474,7(17)
4	2341,5	4652,7	9,1(22)	5282,8(20)
5	6101,5	892,8	3,3(11)	
6	5791,6	1202,7	8,5(27)	
7	5035,4	1958,8	8,1(20)	
		$E_1+E_2=$	6451,7	
1	5601,1	850,7	3,0(14)	2025,8(17)
2	5353,3	1098,4	5,6(19)	2272,6(6)
3	3715,2	2736,5	6,3(23)	3909,5(17)
4	2712,6	3739,1	5,9(23)	4914,7(12)
5	5442,9	1008,8	3,9(18)	
6	4913,4	1538,3	5,4(17)	
7	4533,2	1918,6	5,7(25)	
8	4458,3	1993,4	5,7(22)	
		$E_1+E_2=$	6366,1	
1	3301,4	3064,7	2,3(9)	4325,1(15)
2	4167,9	2200,2	2,0(9)	
3	3287,9	3076,1	3,1(10)	

Таблица I (продолжение)

1	2	3	4	5
$E_1 + E_2 = 6357,5$				
1	5754,5	603,3	0,8 3)	1869,5(17)
2	5074,9	1283,3	2,7(9)	2552,6(12)
3	3248,8	3109,0	2,6(10)	4377,9(13)
4	2842,9	3514,9	2,2(10)	4781,8(17)
5	2238,5	4119,3	2,1(9)	5388,5(9)
6	5713,7	644,7	1,0(3)	
7	5603,3	754,3	2,1(6)	
8	5064,8	1290,1	2,2(9)	
$E_1 + E_2 = 6349,6$				
1	5808,3	541,4	1,0(3)	1818,4(6)
2	5508,0	841,6	6,7(6)	2118,6(12)
3	3032,3	3317,3	1,7(9)	4593,1(19)
4	5493,4	854,3	3,5(6)	
5	5459,7	884,8	1,7(6)	
6	5329,2	1022,8	1,3(9)	
7	4562,3	1781,8	1,7(8)	
8	4280,4	2072,6	2,3(8)	
9	4230,1	2120,4	2,0(9)	
10	4039,3	2314,0	2,5(9)	
11	3225,9	3125,8	2,1(10)	

Таблица 2

7626 7533 7320 6994 6452 6366 6358 6350

$\langle E_I \rangle$	E_M	$I_{\gamma\gamma}$ (на 10^4 распадов компаунд-состояния)
6451,1	1175,2	2,4 7,5 1,7
6359,1	1267,2	32,3 6,6
6302,2	1324,1	10,1 1,2
6241,6	1384,7	3,5 6,5
6129,9	1496,4	3,4 3,8
6112,7	1513,6	20,5 42,6 1,9
6092,9	1533,5	10,5 2,6
6064,1	1562,3	2,3 5,7 6,3
5990,4	1636,0	7,5 5,5
5818,7	1807,6	3,0 4,4
5807,9	1818,4	27,9 10,9 1,7
5756,8	1869,5	3,4 2,0
5684,2	1942,1	2,5 9,7 2,6
5628,8	1997,6	6,2 4,4
5612,5	2013,9	11,6 3,6
5600,6	2025,8	2,3 1,5
5575,5	2050,8	20,0 11,4
5507,7	2118,6	3,8 21,1 12,0
5470,8	2155,6	11,5 7,9

Таблица 2 (продолжение)

7626	7533	7320	6994	6452	6366	6358	6350
5353,8	2272,6	9,9	9,0	2,8			
5260,9	2365,5	13,2	9,0				
5151,6	2474,7	4,7		3,8			
5073,7	2552,6	3,2				4,8	
5068,6	2557,8		12,2	4,0			
4995,0	2631,4		10,6	4,7			
4888,8	2737,5		5,0	7,2			
4760,5	2865,8		8,6	5,3			
4727,7	2898,7		5,8	6,4			
4668,7	2957,6	3,1	2,2				
4525,9	3100,5		3,6	4,9			
4513,6	3112,8		3,8	4,1			
3716,9	3909,5			3,4			
3415,9	4210,4		4,3	3,6			
3301,2	4325,1		4,5				
3248,4	4377,9			4,3			4,8
3033,2	4593,1	3,1					3,1
2844,5	4781,8		4,3				3,9
2752,8	4873,6		4,0	11,1			
2711,7	4914,7			5,1			
2616,4	5010,0		8,2	4,9			
2343,5	5282,8			9,2	5,4		
2237,8	5388,5		9,6	3,2			3,7

Абсолютная интенсивность 93 каскадов, размещённых в схеме распада ^{178}Hf по методу /1/, приведена в табл. 2. Энергия E_M промежуточного уровня этих каскадов определяется соотношением $E_M = V_n - \langle E_I \rangle$ при $V_n = 7626,34$ кэВ. Средняя энергия $\langle E_I \rangle$ первичного γ -перехода получена усреднением по значениям E_I из ДС, содержащих соответствующие каскады. Ошибка значений E_M , приведённая в табл. 1, получена в основном из разброса значений E_I . В том случае, если она оказывается меньшей, чем величина, следующая из известных статистических погрешностей δE_I для разных ДС,

$$\delta E_M = (\sum (\delta E_I)^2)^{-1/2}.$$

Нормировка интенсивностей двухквантовых каскадов выполнена при сопоставлении относительных (табл. 1) и абсолютных значений интенсивности каскадов, начинающихся первичными

γ -переходами $E_{\gamma} = 6358, 6304, 6112, 6093, 6065, 5808, 5605$ кэВ. Их абсолютные интенсивности вычислены на основе приведённых в /10/ данных об абсолютных интенсивностях соответствующих первичных γ -переходов и коэффициентов ветвления при распаде возбуждаемых ими уровней.

Сопоставление полученной с помощью метода САСИ схемы γ -распада ^{178}Hf с результатами последнего и наиболее полного исследования /11/ показывает очень хорошее их согласие, если учесть, что промежуточные уровни, которые не возбуждаются первичным переходом достаточной интенсивности, методом САСИ выявлены быть не могут и что в нашем эксперименте использован высокий порог регистрации γ -излучения.

С помощью метода САСИ в схеме распада ^{178}Hf до энергии возбуждения $E_M = 2,1$ МэВ дополнительно по сравнению с /11/ размещено 6 вторичных γ -переходов. Три из них ($E_{\gamma} = 1301, 1562$ и 1905 кэВ) наблюдались /11/ в спектре γ -лучей радиационного захвата нейтронов ядром ^{177}Hf , три ($E_{\gamma} = 1634, 1705$ и 1942 кэВ) обнаружены и размещены в схеме распада впервые. Впервые получены данные о положении уровней ^{178}Hf , возбуждаемых интенсивными двухквантовыми каскадами, при энергии $E_M > 2,1$ МэВ.

Захват тепловых нейтронов ^{177}Hf приводит к возбуждению двух спиновых состояний - 3^- и 4^- . Наблюдение интенсивных двухквантовых каскадов на конечные уровни со спином и чётностью 2^+ , 3^+ и 4^+ свидетельствует о преимущественно дипольном характере γ -переходов каскада, регистрация слабоинтенсивных каскадов на уровень 0^+ - о вкладе переходов типа $E2$. Вследствие этого допустимую область значений спинов промежуточных уровней каскадов следует ограничить интервалом $2^{\pm} < I^{\pi} \leq 5^{\pm}$ для дипольных первичных переходов и $1^- \leq I^{\pi} \leq 6^-$ для квадрупольных. Регистрация нескольких вторичных переходов позволяет ограничить допустимую область значений I^{π} промежуточных уровней каскадов.

В этом случае значение $I^{\pi} = 2^+$ можно однозначно приписать уровням $E_M = 1175, 1496, 1562, 1942, 2119, 2553, 2958, 4593$ кэВ; $I^{\pi} = 4^+$ - для $E_M = 1514$ и 2475 кэВ. Расхождения значений спинов промежуточных уровней, определённых в /11/ и найденных на основе приведённых выше соображений, не обнаружено. Исключение - уровень $E_M = 1942$ кэВ, которому согласно /11/ приписано $I^{\pi} = 3^+$. Там же отмечается, что спектроскопия по методу усреднения резонансов даёт вероятные значения $I = 2$ или 5 . Если схема распада этого уровня посредством мягких ($E_{\gamma} < 520$ кэВ) γ -переходов установлена в /11/ правильно, то компромисс между различными работами может быть достигнут в том случае, если предположить, что в районе $E_M = 1942$ кэВ находится дублет уровней со спинами $I^{\pi} = 2^+$ и $I^{\pi} = (4^-, 5^-, 6^-)$.

Погрешность определения значений энергий первичных переходов каскада с помощью метода САСИ для ^{178}Hf составляет в среднем $\delta E_{\gamma} = 1,4$ кэВ. Поэтому найденные промежуточные уровни в некоторых случаях могут быть неразрешёнными дублетами. В частности, известный /11/ дублет уровней $E_M = 1635,6$ и $E_M = 1636,7$ кэВ представлен в таблицах 1 и 2 в виде одиночного уровня с энергией $E_M = 1636$ кэВ.

Общая интенсивность всех двухквантовых каскадов $I_{\gamma\gamma}^2$ между компаунд-состоянием и заданными низколежащими уровнями представлена в табл. 3. Для сравнения там же приведена расчётная интенсивность $I_{\gamma\gamma}^T$, которая может быть получена, если на основании модельных представлений о γ -распаде задать число и величины парциальных ширин первичных и всех последующих вторичных каскадных переходов. Аналогично /11/ предполагалось, что значения парциальных ширин $E1$ -переходов описывались моделью гигантского электрического дипольного резонанса, $M1$ -и $E2$ -переходов - моделью Вайскопфа, а плотность уровней - моделью ферми-газа, учитывающей оболочечные неоднородности одночастичного спектра с помощью метода оболочечной

Таблица 3

Суммарный абсолютный выход (в % на распад) каскадов с энергией ΣE_{γ} (кэВ). E_f , I^{π} - энергия (кэВ), спин и чётность конечных уровней. $I_{\gamma\gamma}^{\text{э}}$ - экспериментальная, $I_{\gamma\gamma}^{\text{р}}$ - расчётная интенсивности каскадов

Компаунд-ядро	ΣE_{γ}	E_f	I^{π}	$I_{\gamma\gamma}^{\text{э}}$	$I_{\gamma\gamma}^{\text{р}}$	R
^{178}Hf	7626	0	0^+	$0,5 \pm 0,2$	0,4	1,2
	7533	93	2^+	$7,5 \pm 0,5$	4,0	1,9
	7320	306	4^+	$6,5 \pm 0,4$	5,1	1,3
	6994	632	6^+	(0,6) б)	0,8	0,8
	6452	1174	2^+	$0,5 \pm 0,2$	1,0	0,5
	6366	1261	2^-	$1,8 \pm 0,5^{\text{в}}$	0,9	0,5
	6358	1267	3^+		1,6	
	6350	1276	2^+		0,9	
^{168}Er	7691	80	2^+	$4,6 \pm 0,4$	3,8	1,2
	7507	264	4^+	$7,7 \pm 0,8$	6,9	1,1
	7222	549	6^+	$3,1 \pm 0,2$	1,4	2,2
	6950	821	2^+	$2,8 \pm 0,4$	1,6	1,8
	6875	896	3^+	$5,4 \pm 0,9$	2,8	1,9
	6776	995	4^+	$3,1 \pm 1,2$	2,9	1,1

- а) В соответствии с [12] принято, что 60 % захватов тепловых нейтронов в ^{177}Hf приводит к возбуждению компаунд-состояния $I^{\pi} = 3^-$, а в ^{167}Er - 67,5 % к возбуждению состояния $I^{\pi} = 4^+$.
- б) Систематическая погрешность, связанная с наличием дублета, не определена. Верхняя оценка величины $I_{\gamma\gamma}^{\text{э}}$ не превышает 1,5 % на распад.
- в) Неразрешённый триплет спектра САСИ.

поправки В.М.Струтинского. Отметим, что для возбуждённых состояний с $E_f < 2$ МэВ в $I_{\gamma\gamma}^{\text{р}}$ использовались не результаты расчётов, а экспериментальные значения интенсивностей переходов в известной схеме уровней.

При сопоставлении $I_{\gamma\gamma}^{\text{э}}$ и $I_{\gamma\gamma}^{\text{р}}$ для получения максимальной информации об особенностях γ -распада чётно-чётных ядер целесообразно включить соответствующие величины исследованного ранее ядра ^{168}Er .

Анализируя отношения измеренных и рассчитанных по статистической теории интенсивностей двухквантовых гамма-каскадов $R = I_{\gamma\gamma}^{\text{э}} / I_{\gamma\gamma}^{\text{р}}$ (табл. 3), можно отметить, что статистическая теория описывает экспериментальные данные такого рода с точностью фактора ≈ 2 . В то же время, сравнивая величины R для конечных уровней ротационных полос, построенных на основном состоянии и на однофононном в каждом из ядер, можно заметить явное различие в поведении $\langle R \rangle = \frac{\sum I_{\gamma\gamma}^{\text{э}}}{\sum I_{\gamma\gamma}^{\text{р}}}$ для ядер ^{178}Hf и ^{168}Er в случае заселения полос, отличающихся по своей природе (см. рис.3).

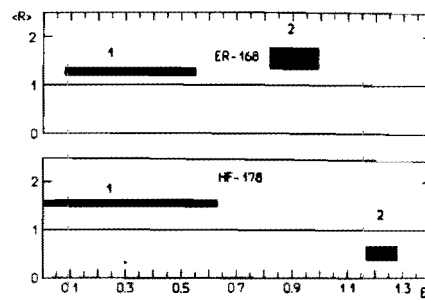


Рис. 3. Зависимость среднего отношения $\langle R \rangle \pm \delta \langle R \rangle$ (заштрихованная полоса) на конечные уровни различной структуры: 1 - полоса основного состояния, 2 - полосы однофононных состояний, E_f - энергия возбуждения (кэВ).

Возможно, это является отражением влияния на гамма-распад компаунд-ядер структуры конечных состояний (см., например, [13]), что не учитывается статистической теорией.

Литература

1. Попов Д.П. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1984, т.48, с. 891.
2. Попов Д.П. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1984, т. 48, с. 1830.
3. Васильева Э.В. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1984, т. 48, с. 1907.
4. Васильева Э.В. и др. ОИЯИ, Р6-85-22, Дубна, 1985.
5. Бонева С.Т. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1986, т. 50, с. 1832.
6. Бонева С.Т. и др. ОИЯИ, Р6-86-493, Дубна, 1986.
7. Hague A.M.I. et al. Nucl. Phys., 1986, A 455, p. 231.
8. Богдзель А.А. и др. ОИЯИ, Р15-82-706, Дубна, 1982.
9. Суховой А.М., Хитров В.А. ПТЭ, 1984, № 5, с. 27.
10. Nuclear Data Tables, 1981, v. 26, p. 511.
11. Васильева Э.В. и др. ЯФ, 1986, т. 44, вып. 4, с. 857.
12. Mughabghab S.F. Neutron Cross Sections, v. 1, Neutron resonance parameters and thermal cross sections, part B, Z = 61-100, Academic Press, N.Y., 1984.
13. Григорьев Е.П., Соловьёв В.Г. Структура чётных деформированных ядер. М., Наука, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 февраля 1987 года.

Богдзель А.А. и др. P6-87-73
Изучение каскадного γ -распада ^{178}Hf

Измерены энергии переходов и интенсивности 166 двух-квантовых каскадов между компаунд-состоянием ^{178}Hf и семью низколежащими уровнями. В схеме распада ^{178}Hf размещено 93 каскада. Дополнена схема γ -распада ^{178}Hf при энергии $E_{\gamma} < 2,1$ МэВ. Выше 2,1 МэВ в схеме распада определены энергии возбуждения и моды распада 25 уровней. Сопоставление экспериментальных и рассчитанных интенсивностей двухквантовых каскадов в ядрах ^{168}Er и ^{178}Hf указывает на наличие нестатических эффектов в каскадном распаде этих ядер.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Bogdzel A.A. et al. P6-87-73
Investigation of ^{178}Hf Cascade Decay

The transition energies and intensities of 166 two-quanta cascades that populate 8 low-lying levels of ^{178}Hf compound nucleus are determined. In a ^{178}Hf level scheme 93 cascades are located. The scheme of ^{178}Hf γ -decay at $E_{\gamma} < 2.1$ MeV energy is completed. Above 2.1 MeV the excitation energies and decay modes of 25 levels are determined. The comparison of experimental and calculated two-quanta cascade intensities in ^{168}Er and ^{178}Hf nuclei indicate the availability of non-statistical effects in cascade decay of these nuclei.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987