

Б-568

3/IV-68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

РЗ - 3697



Ф.Бечварж, Я.Врзал, Я.Липтак, Я.Урбанец

ГАММА-СПЕКТР  
ИЗ РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА НА  $C_{60}$

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

1968

P3 - 3697

Ф.Бечварж, Я.Врзал, Я.Липтак, Я.Урбанец

ГАММА-СПЕКТР  
ИЗ РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА НА Cs

Направлено в Чехословацкий  
физический журнал

ОТДЕЛ

ЛУР

1-11

2-

72.37/2 mp

С помощью экспериментальной установки, описанной в /1/, были измерены спектры  $\gamma$ -лучей, испускаемых при радиационном захвате резонансных нейтронов в  $^{133}\text{Cs}$ . В измерениях использовался  $\text{Ge}(\text{Li})$  детектор коаксиального типа с чувствительным объемом  $\approx 12 \text{ см}^3$  и для анализа амплитудных спектров использовался кодировщик на 4096 каналов. При измерениях регистрировалось 128 временных каналов. Измерения проводились на ИБРе ЛНФ ОИЯИ как в реакторном режиме с разрешением 1,3 мксек/м, так и в режиме с микротронным инжектором. Разрешение нейтронного спектрометра в этом случае составляло 60 нсек/м.

### *Результаты измерений*

Наши измерения охватывали область энергий  $\gamma$ -лучей от 60 кэв до 80 Мэв и интервал нейтронных энергий от 3 эв до 3 кэв. Примером полученных результатов может служить спектр низких энергий в первом резонансе с энергией 5,9 эв, изображенный на рис.1, и спектры в трех наинизших по энергии нейтронов резонансах в области энергии  $\gamma$ -лучей 4920 - 6720 кэв, изображенные на рис.2. Энергии низкоэнергетических переходов обозначены непосредственно на рис.1.

В таблице I приводятся энергии  $\gamma$ -переходов, наблюдаемые в исследуемых резонансах и интенсивности этих переходов в резонансах 5,6; 22,7 и 47,8 эв. Интенсивности переходов приводятся в относительных единицах, нормированных на число захватов нейтронов в отдельных резонансах.

Для нормировки по числу захватов для отдельных резонансов использовался спектр, проинтегрированный по области низких энергий, что является хорошей мерой захваченных нейтронов. В используемых относительных единицах интенсивность перехода с энергией 6714,6 кэв в резонансе 5,90 эв принята за сто. Точность относительного определения энергий достигается на основе определения наклона калибровочной кривой по пикам двойного и одиночного вылета аннигиляционного  $\gamma$ -кванта и по пикам полного поглощения. Реперной энергией для определения абсолютных значений служит энергия дублета  $\gamma$ -квантов, вылетающих при захвате тепловых нейтронов на  $^{57}\text{Fe}$ . Этот дублет проявлялся как примесь отчетливо в интегральном спектре в наших измерениях. Неточность в определении энергии этого дублета ухудшает точность полученных нами значений энергий переходов. Вся обработка спектров проводилась с помощью электронно-вычислительной машины.

При использовании такого метода обработки можно получить относительные значения энергий и интенсивностей  $\gamma$ -переходов с высокой точностью. На рис. 3 приводится график отклонений расстояний между пиками двойного и одиночного вылета и полного поглощения энергии первичного  $\gamma$ -кванта от расстояний, полученных после интерпретации этих точек с помощью полинома низкой степени.

В измерениях Кнэпфела и др. <sup>/2/</sup> наблюдался переход с энергией 6702+15 кэв, который эти авторы считали переходом в основное состояние ядра  $^{134}\text{Cs}$ . Так как спин основного состояния  $^{133}\text{Cs}$  равен  $7/2^+$ , то при захвате  $s$ -нейтронов могут образоваться состояния со спином  $3^+$  или  $4^+$ . Основное и первое возбужденное состояния  $^{134}\text{Cs}$  имеют спин  $4^+$  и  $5^+$  соответственно. Результат Кнэпфела являлся интересным и с той точки зрения, что в таком случае наблюдались бы переходы типа M1 с большой интенсивностью, так как в работе <sup>/2/</sup> определенная парциальная ширина перехода составляла  $\approx 2$  мэв.

### Схема низколежащих уровней

В наших измерениях так же, как и в измерениях Арчера и др. <sup>/3/</sup>, наблюдались линии, соответствующие двум самым жестким переходам 6698,0 и 5714,6 кэв. Расстояние между линиями этого дублета, по нашим данным, равно  $16,5 \pm 0,4$  кэв. В работе <sup>/3/</sup> проводились измерения совпадений, которые показали, что эти переходы идут на уровни <sup>134</sup>Cs, лежащие выше, чем 115 кэв. Из-за большой плотности уровней в этом нечетно-нечетном ядре получается большое число низкоэнергетических переходов и тем самым затруднено построение схемы распада по методу сумм и разностей. Но несмотря на то, что схема уровней неизвестна, можно утверждать, что наблюдаемые интенсивные переходы в жесткой области спектра, в том числе и упомянутый дублет, являются, вероятно, переходами типа E1. Положение с определением схемы низколежащих уровней в <sup>134</sup>Cs затруднено еще тем, что основное состояние этого изотопа лежит на абсолютной шкале энергий выше энергии основных состояний рядом стоящих ядер и поэтому нет данных о схеме уровней из  $\beta$  - распада.

На основе настоящего экспериментального материала нельзя сделать окончательных выводов о схеме низколежащих уровней. Однако, используя данные о совпадениях низкоэнергетических переходов в <sup>134</sup>Cs из работы <sup>/4/</sup> и наши данные по измерению мягких  $\gamma$  - переходов, можно с уверенностью установить существование тех низколежащих уровней, схема которых приводится на рисунке 4. В спектре низких уровней наблюдаются энергии 246,2 и 261,9 кэв, которые имеют приблизительно такое же расстояние 16,5 кэв, как и самые жесткие энергии спектра. Однако занесение этих уровней в схему распада без новых данных о совпадениях невозможно.

## Свойства жестких переходов

Спектр жестких переходов при захвате резонансных нейтронов на Cs показывает отклонение от чистого статистического распределения. Оно не проявляется резко, но все-таки является заметным. Особенно аномальным можно считать появление сильных переходов в области 5,4 и 5,8 Мэв в резонансе 47,8 эв в то время, когда ряд других переходов полностью исчезает.

В таблице II приводятся относительные интенсивности переходов в этой области для ряда резонансов. Из таблицы видно, что интенсивность этих переходов приобретает одновременно самое высокое значение в резонансе 47,8 эв. Это явление нельзя объяснить присутствием другого изотопа, так как Cs является элементом моноизотопным, и для измерений мы пользовались образцом чистым для анализов.

Предварительно можно это явление объяснить тем, что эти  $\gamma$ -переходы представляют собой переходы из состояний, которые имеют такую же структуру, как и низколежащие уровни в данном ядре, на которые идут эти переходы. Более обоснованное объяснение можно будет дать после того, как будет известна энергия связи нейтрона в ядре  $^{134}\text{Cs}$  и в нашем распоряжении будут подробные сведения о схеме низколежащих уровней этого ядра.

Авторы благодарны всем товарищам по работе и эксплуатационному персоналу ИБРА и ИЦ на помощь в работе.

### Л и т е р а т у р а

1. Ф.Бечварж, Я.Врзал, Я.Лигака, Я.Урбанец. Препринт ОИЯИ РЗ-3696, Дубна 1968.
2. H. Knoepfel, P. Scherer, P. Stoll, W. Wöllli. *Helv. Phys. Acta* 32, 264 (1959); *Zeit f. Phys.* 156, 293 (1959).

3. Archer et al, *Nucl. Phys.*, 83, 241 (1966).

4. А.С.Мелиоранский, П.В.Эстулин, Л.Ф.Калинкин, Б.С.Кубинов. *ЖЭТФ* 38, 758 (1960).

Рукопись поступила в издательский отдел  
7 марта 1968 г.



Таблица I

Энергии и интенсивности  $\gamma$  - переходов в  
трех резонансах  $Cs$  .

$E_{\gamma}$ (кэВ)	$\Delta E_{\gamma}$	5,90 эВ		22,6 эВ		47,8 эВ	
		$I_{\gamma}$	$\Delta I_{\gamma}$	$I_{\gamma}$	$\Delta I_{\gamma}$	$I_{\gamma}$	$\Delta I_{\gamma}$
4655,1	2,2	73	23	14	53	49	37
4667,4	2,1	102	23	9	51	4	36
4895,3	1,8	77	20	146	51	40	34
4923,9	1,8	89	21	71	48	83	29
4930,9	1,7	56	20	215	52	16	33
5012,8	1,6	264	24	51	47	11	34
5023,3	1,6	49	21	331	57	51	33
5102,8	1,8	65	21	57	47	29	36
5132,4	1,9	85	22	45	55	73	38
5137,7	1,7	52	23	169	59	28	37
5150,1	1,7	79	24	82	60	52	40
5160,7	1,9	68	23	10	54	98	41
5201,9	1,7	23	23	136	63	9	38
5206,0	1,5	138	25	270	66	52	39
5223,4	1,5	146	24	1	56	113	39
5230,0	1,8	73	23	56	55	46	36
5253,0	1,4	506	28	306	59	23	36
5263,7	1,7	41	21	47	48	90	36
5290,7	1,5	115	22	194	52	27	34
5359,4	1,6	17	19	200	52	87	35
5376,9	1,4	502	27	33	48	16	33
5436,5	1,4	86	47	226	122	29	80
5450,5	1,5	214	22	16	45	1	35
5493,2	1,4	44	20	85	49	441	48
5505,3	1,4	313	24	59	49	80	38
5565,6	1,4	131	23	220	57	309	47
5572,5	1,7	63	25	59	60	12	43
5625,3	1,4	273	26	159	56	19	43
5637,0	1,4	397	26	75	52	588	57



E <sub>γ</sub> (кэВ)	ΔE <sub>γ</sub>	5,90 эВ		22,6 эВ		47,8 эВ	
		I <sub>γ</sub>	ΔI <sub>γ</sub>	I <sub>γ</sub>	ΔI <sub>γ</sub>	I <sub>γ</sub>	ΔI <sub>γ</sub>
5729,0	1,4	94	21	193	54	290	47
5750,9	1,4	96	27	714	85	7	45
5791,2	1,3	299	23	290	53	17	36
5802,7	1,3	132	19	90	46	895	59
5857,0	1,4	102	18	13	40	22	33
5915,3	1,4	132	33	1	76	19	54
5943,7	1,4	56	77	324	226	402	149
5951,2	1,6	7	103	259	290	425	188
5976,0	1,3	184	23	421	63	10	38
6051,6	1,3	289	21	1006	71	15	32
6138,1	1,2	15	19	445	61	13	35
6175,8	1,3	410	27	49	56	513	51
6189,4	1,3	131	22	629	73	37	38
6201,8	1,4	75	20	113	54	43	38
6246,1	1,5	57	18	83	50	18	36
6319,4	1,5	66	16	155	49	8	34
6408,0	1,3	16	13	464	55	42	29
6437,9	1,6	65	17	14	51	76	31
6515,0	1,3	80	13	10	34	51	26
6621,6	1,3	22	11	185	42	17	21
6698,0	1,1	29	17	51	59	154	40
6714,6	1,1	100	12	976	64	153	28

Таблица II

E <sub>n</sub> резо- нанса (эВ)	E <sub>γ</sub> (кэВ)										
	5493,2		5565,6		5637,0		5729,0		5802,7		
	I <sub>γ</sub>	ΔI <sub>γ</sub>	I <sub>γ</sub>	ΔI <sub>γ</sub>	I <sub>γ</sub>	ΔI <sub>γ</sub>	I <sub>γ</sub>	ΔI <sub>γ</sub>	I <sub>γ</sub>	ΔI <sub>γ</sub>	
5,90	44	±20	131	±23	397	±26	94	±21	132	±19	
22,6	85	±49	220	±57	75	±52	193	±54	90	±46	
47,8	441	±48	309	±47	588	±57	290	±47	895	±59	
83,1	}	<	65	179	±75	<	73	88	±58	<	50
94,8											
126,1	130	±86	90	±88	91	±93	245	±94	151	±81	
142,2	}	417	±132	206	±119	<	126	94	±111	255	±116
145,9											
200,9	}	<	108	<	124	<	121	384	±135	218	±118
207,3											
220,4											
234,4	}	365	±95	<	85	107	±92	237	±90	129	±79
238,4											
295,6	459	±145	296	±140	389	±158	<	116	<	120	
*	210	±92	148	±89	<	94	226	±96	187	±84	
* *	126	±78	<	73	250	±88	<	78	<	64	

\* группа резонансов из интервалов 336 + 463 эВ

\* \* группа резонансов из интервалов 463 + 625 эВ.

< означает, что I<sub>γ</sub> меньше, чем ошибка измерения ΔI<sub>γ</sub>.

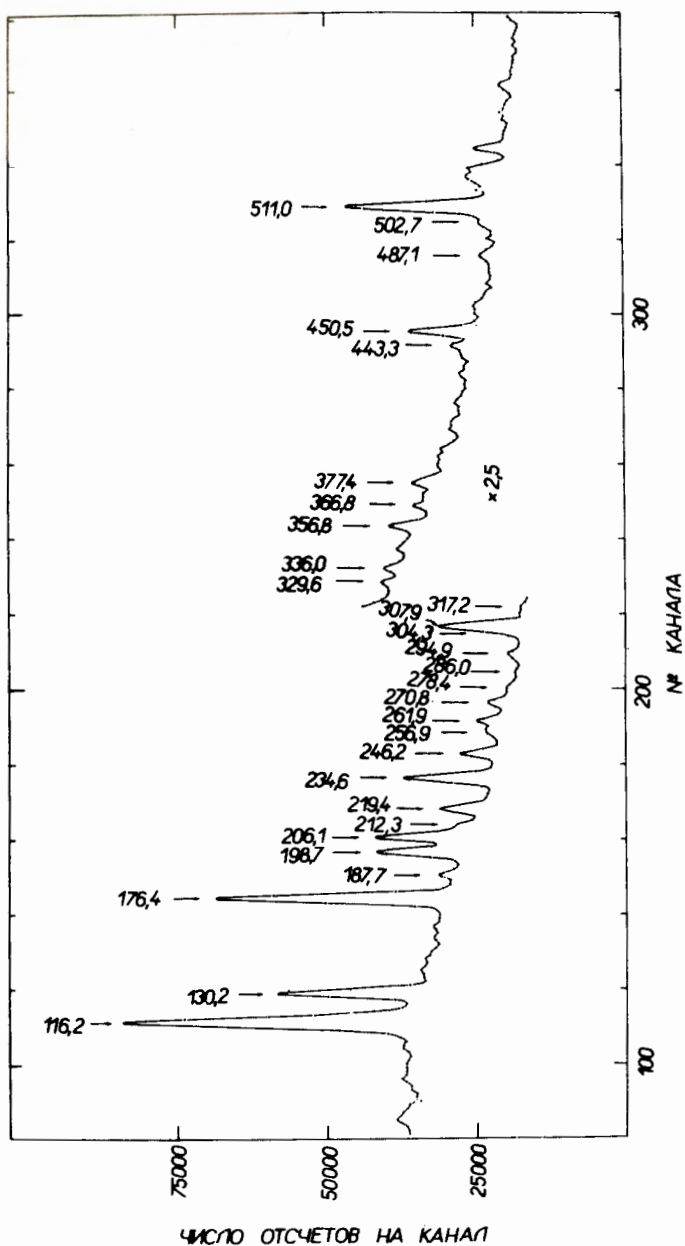


Рис.1. Спектр мягких  $\gamma$  - лучей в резонансе 5,9 эв.

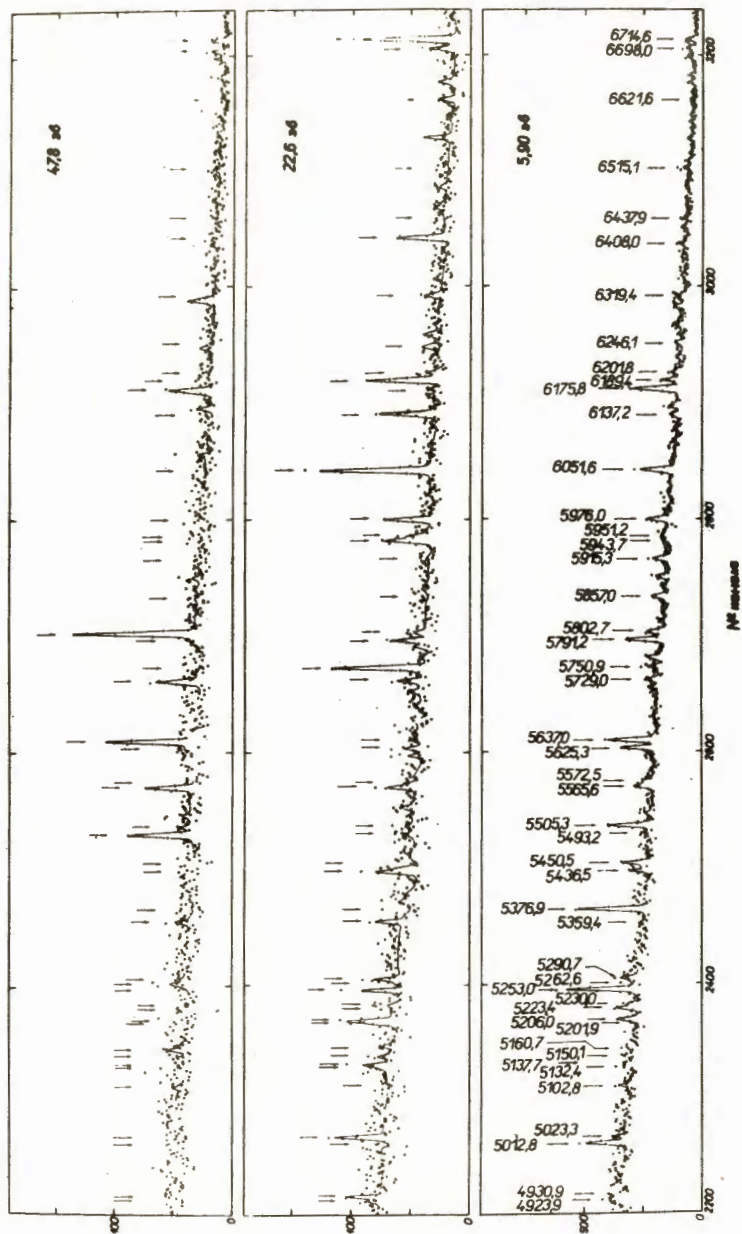


Рис.2. Спектр жестких  $\gamma$ -лучей в резонансах 5,9; 22,7 и 47,8 эв.

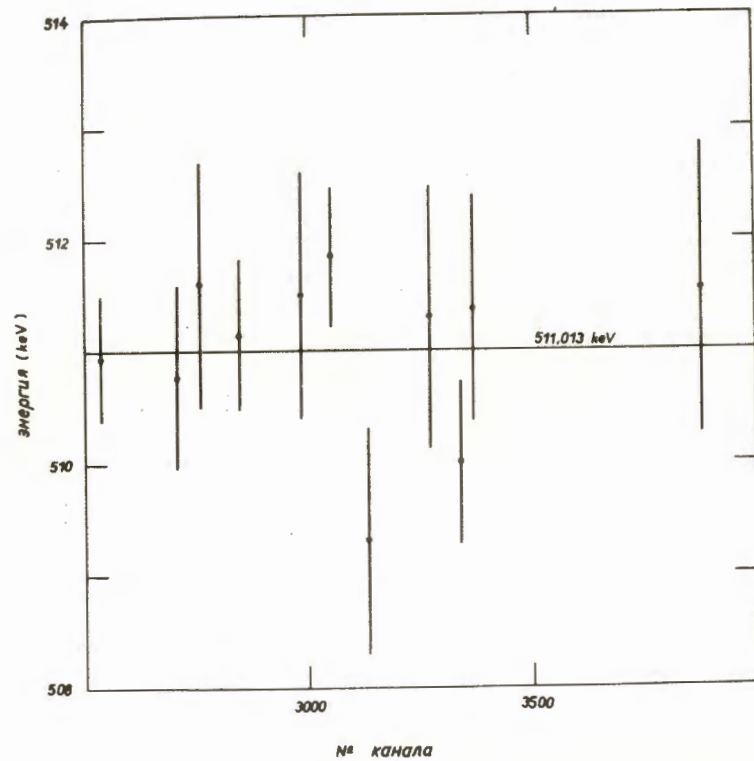
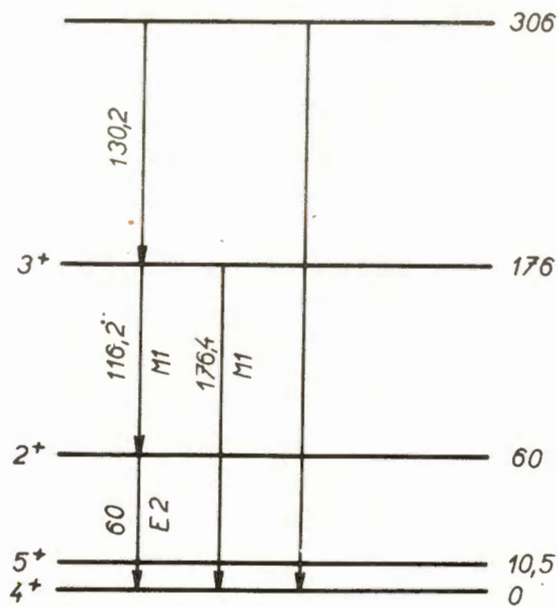


Рис.3. Отклонение расстояний между пиками двойного и одиночного вылета и полного поглощения энергий  $\gamma$ -квантов от среднего значения, принятого для калибровки



$\text{Cs}^{134}$

Рис.4. Схема нижних уровней  $^{134}\text{Cs}$ .