

УЧЕБНО-НАУЧНОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

P15 - 4325

К-434

16/IV-69

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P15 - 4325



И.В.Кирпичников, Э.З.Рындина, Я.Урбанец

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В СЕЧЕНИИ
РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА НЕЙТРОНА

ЯДРОМ ^{149}Sm

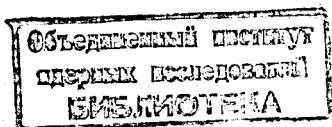
ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

1969

P15 - 4325

И.В.Кирпичников, Э.З.Рындина, Я.Урбанец

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В СЕЧЕНИИ
РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА НЕЙТРОНА
ЯДРОМ ^{149}Sm



При радиационном захвате медленного нейтрона ядром испускание γ -кванта может происходить по многим выходным каналам. Полное радиационное сечение есть сумма большого числа парциальных сечений, что при малых относительных значениях отдельных парциальных ширин $\Gamma_{\gamma i}$ приводит к отсутствию заметных интерференционных эффектов в сечениях радиационного захвата.

Наблюдение интерференции становится возможным, если удастся выделить сечение захвата для отдельного выходного канала. Такого рода измерения интересны, например, с точки зрения проверки применимости теории R -матрицы для описания процесса радиационного захвата нейтрона. При анализе достаточно большого числа парциальных сечений может быть экспериментально обосновано предположение о хаотичности знаков амплитуд приведенных ширин резонансных уровней.

Постановка эксперимента. Измерения

Выполнение измерений энергетической зависимости парциальных сечений наталкивается на ряд трудностей, связанных, прежде всего, с малой величиной ожидаемого эффекта. Интерференция должна наиболее явно проявляться на участках сечений между резонансными уровнями; при этом величина радиационного сечения может составлять лишь незначительную часть полного сечения. В свою очередь, значения $\Gamma_{\gamma i}$ обычно составляют 0,1 - 1% от полной радиационной ширины Γ_{γ} , что еще на несколько порядков уменьшает величину эффекта. Положение усугубляется также

низкой абсолютной эффективностью Ge(Li) детекторов, используемых для выделения γ -квантов определенной энергии.

До настоящего времени опубликовано незначительное число работ, в которых была обнаружена интерференция в парциальных сечениях ^{1,2,3/}. При этом во всех исследованных случаях расстояния между интерферирующими уровнями D во много раз превышали полные ширины этих уровней ($\Gamma/D \approx 0,016$ ^{1/}, $\approx 0,002$ ^{2,3/}). Для объяснения наблюдаемого хода сечений в этом случае необходимо либо учитывать вклад большого числа удаленных резонансов ^{2/}, либо включать в анализ уровень в "отрицательной" области энергий ^{3/}, что снижает надежность анализа.

Самарий-149 является одним из ядер, удобных с точки зрения исследования интерференционных эффектов. Два первых резонансных уровня ¹⁴⁹Sm, $E_{01} = 0,09$ эв и $E_{02} = 0,87$ эв имеют одинаковые значения спинов J ^{4/}; величина $\Gamma/D \approx 0,1$, и минимальное сечение между резонансами 100 барн при сечении потенциального рассеяния $\approx 7,5$ барн.

Измерения были выполнены с помощью Ge(Li) детектора объемом ≈ 30 см³ на спектрометре нейтронов ЛНФ ОИЯИ. Образец содержал 80 г окиси самария при толщине 0,6 г/см². В двух сериях измерений был перекрыт интервал энергий нейтронов от 0,125 до ≈ 10 эв. Использовался амплитудно-временной анализатор с полным числом каналов 128 (временных) \times 4096 (амплитудных). Пролетное расстояние составляло 50 м; временная ширина канала анализатора 64 мксек (длительность вспышки реактора 40 мксек). Полное время измерений для рабочего интервала энергий нейтронов (0,125 эв + 1,5 эв) - 48 часов.

Результаты и обсуждение

На рис. 1 показана энергетическая зависимость полного сечения ¹⁴⁹Sm (практически совпадающего с сечением радиационного захвата) в интересовавшей нас области энергий нейтронов. Отмечены 8 энергетических полос, для которых были получены амплитудные спектры γ -лучей. Каждая полоса включает одинаковое число временных каналов (первые две - половинное), амплитудные спектры для которых суммировались с целью увеличения статистики.

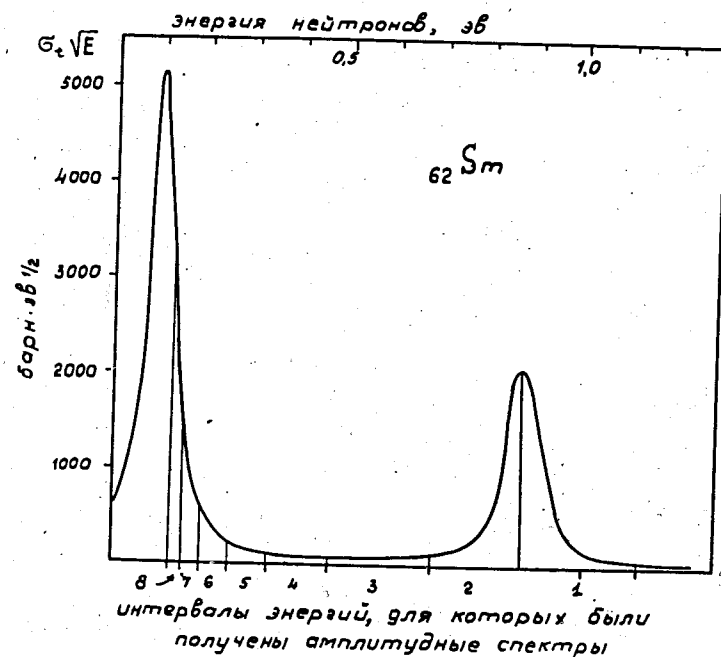


Рис.1. Энергетическая зависимость полного сечения ¹⁴⁹Sm.

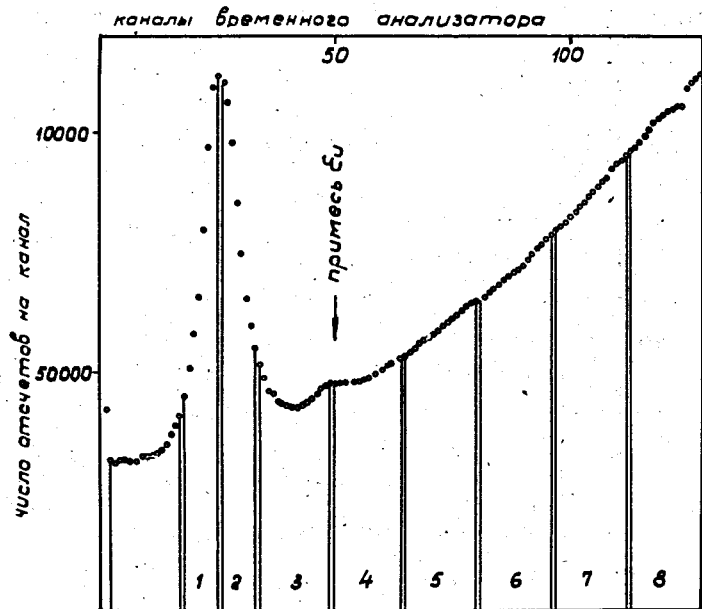


Рис.2. Интегральный временной спектр. Число отсчетов пропорционально числу захваченных нейтронов. Разбиение на 8 полос соответствует интервалам энергий, приведенным на рис. 1.

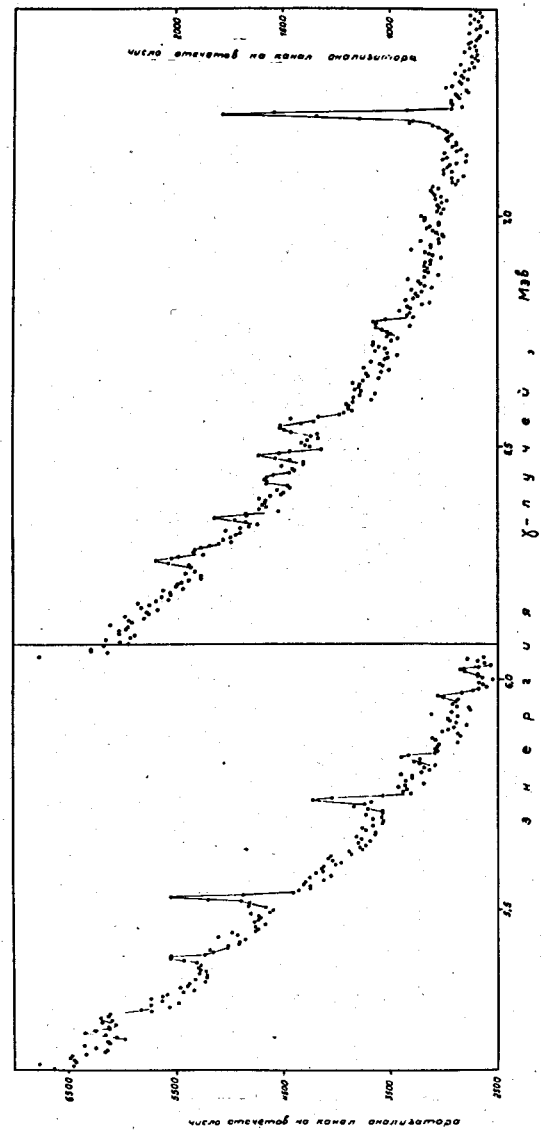


Рис.3. Интегральный спектр γ -лучей (энергии нейтронов 0,125-1,12 эв).

Таблица I.

ΔE_n E_γ	0,125 эв -0,150 эв		0,150 эв -0,190 эв		0,190 эв -0,250 эв		0,250 эв -0,330 эв		0,330 эв -0,460 эв		0,460 эв -0,68 эв		0,68 эв -0,87 эв		0,87 эв -1,12 эв	
	5,53 Мэв	0,64±0,20	0,98±0,20	1,50±0,25	1,21±0,25	1,85±0,28	1,61±0,30	1,70±0,32	0,35±0,30	7,21 Мэв	4,25±0,30	4,88±0,31	4,98±0,38	5,23±0,48	3,25±0,60	1,67±0,40

На рис. 3 приведен интегральный (по всем восьми полосам) спектр γ -лучей. Подобные же спектры были получены во всех восьми энергетических интервалах. Набранная статистика позволила с достаточной для интерференционного анализа точностью определить относительный ход парциальных сечений для двух переходов: $E_\gamma = 7,21$ и $5,53$ Мэв.

Процедура обработки заключалась в следующем. Площади под пиками $E_\gamma = 7,21$ и $5,53$ Мэв (за вычетом медленно меняющейся составляющей, приписываемой вкладу лежащих правее линий) соотносились к величине эффекта при меньших энергиях. Предполагалось, что последний пропорционален полному радиационному сечению $\sigma_{\gamma t}$. В этом случае получаемое отношение двух экспериментально измеряемых величин должно быть пропорционально $\frac{\sigma_{\gamma t} \text{ (парциальное)}}{\sigma_{\gamma t} \text{ (полное)}}$.

В таблице I приведены значения отношений $N_{\gamma 1}/N_{\gamma 2}$ для двух указанных выше переходов (нормированные на 1 для уровня $E_0 = 0,88$ эв).

При сравнении экспериментальных данных с интерференционной формулой интерференционный член в сечении задавался в виде $2\sqrt{\sigma_1\sigma_2}$, где через σ_1 и σ_2 обозначены сечения для первого и второго уровней, подсчитанные по формуле Брайта-Вигнера. Использованные параметры уровней: $E_{01} = 0,095$ эв; $2g\Gamma_n = 0,0746$ Мэв; $E_{02} = 0,872$ эв, $2g\Gamma_n = 0,127$ Мэв; $\Gamma_1 = \Gamma_2 = 0,063$ эв ^{16/}.

В таблице II приведены интенсивности (относительные) для двух измеренных переходов. Для оценки абсолютных значений интенсивностей могут служить величины I_γ для теплового спектра нейтронов ^{15/}.

Таблица II

Энергия уровня, эв	Относительная интенсивность перехода	
	$E_\gamma = 5,53$ Мэв	$E_\gamma = 7,21$ Мэв
0,098	1	1
0,88	1,33	0,25
Тепловой спектр ^{14/}	0,40%	0,47%

На рис. 5 представлены экспериментальные данные и результаты расчета, учитывающего интерференцию между уровнями. Для обоих переходов очевидна необходимость включения конструктивной интерференции, чему соответствует изменение знаков амплитуд приведенных ширин при переходе от одного уровня к другому.

В дальнейшем планируется продолжение этих измерений с целью увеличения числа анализируемых переходов. Улучшение статистической точности позволит также провести более строгое сравнение расчетного хода парциальных сечений с интерференционной формулой.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность Ф.Л. Шапиро, чье внимание сделало возможным выполнение эксперимента. Авторы признательны также Я. Гроннику и В. Тишину, способствовавшим проведению измерений.

Л и т е р а т у р а

1. R.E. Cote, L.M. Bollinger. *Phys. Rev. Lett.*, v. 6 №12, 695 (1961).
2. R.E. Chrien et al. *Phys. Letters* v. 25B, p. 195 (1967).
3. O.A. Wasson et al. *Phys. Rev.*, v. 173, p. 1170 (1968).
4. A. Stolovy. *Phys. Rev.*, v. 134B, p. 68 (1964).
5. Л.В. Грошев и др. Атлас спектров γ -лучей радиационного захвата тепловых нейтронов. Госатомиздат, Москва, 1958.
6. BNL - 325, 2nd Edition.

Рукопись поступила в издательский отдел

18 февраля 1969 года.

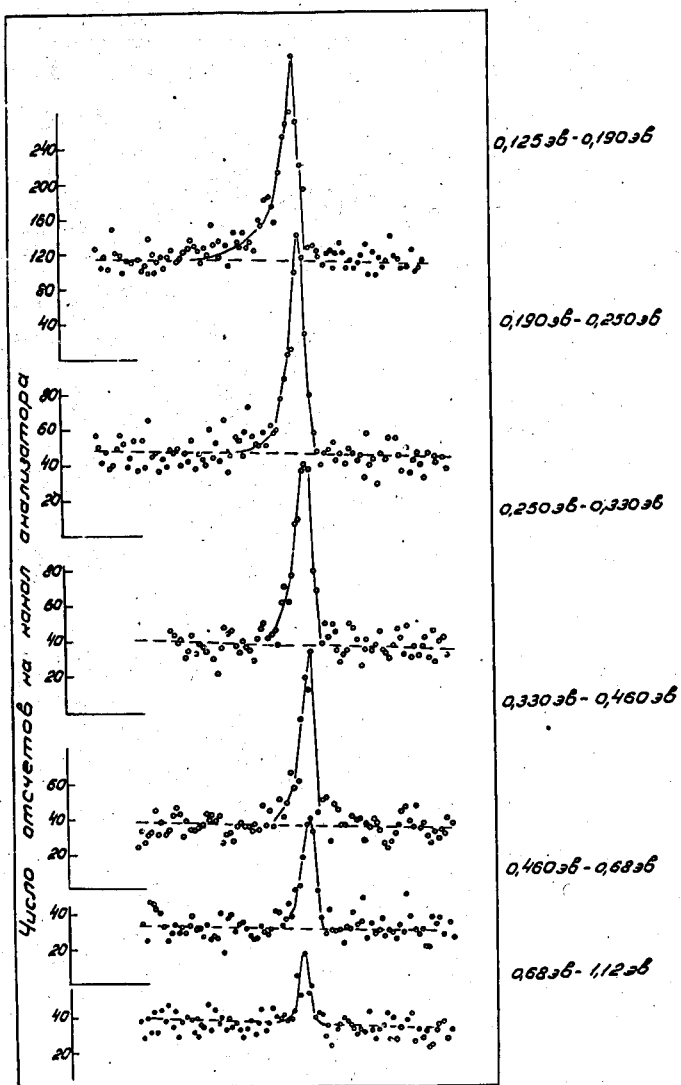


Рис.4. Участок амплитудного спектра (переход $E_{\gamma} = 7,21$ Мэв) в различных энергетических интервалах.

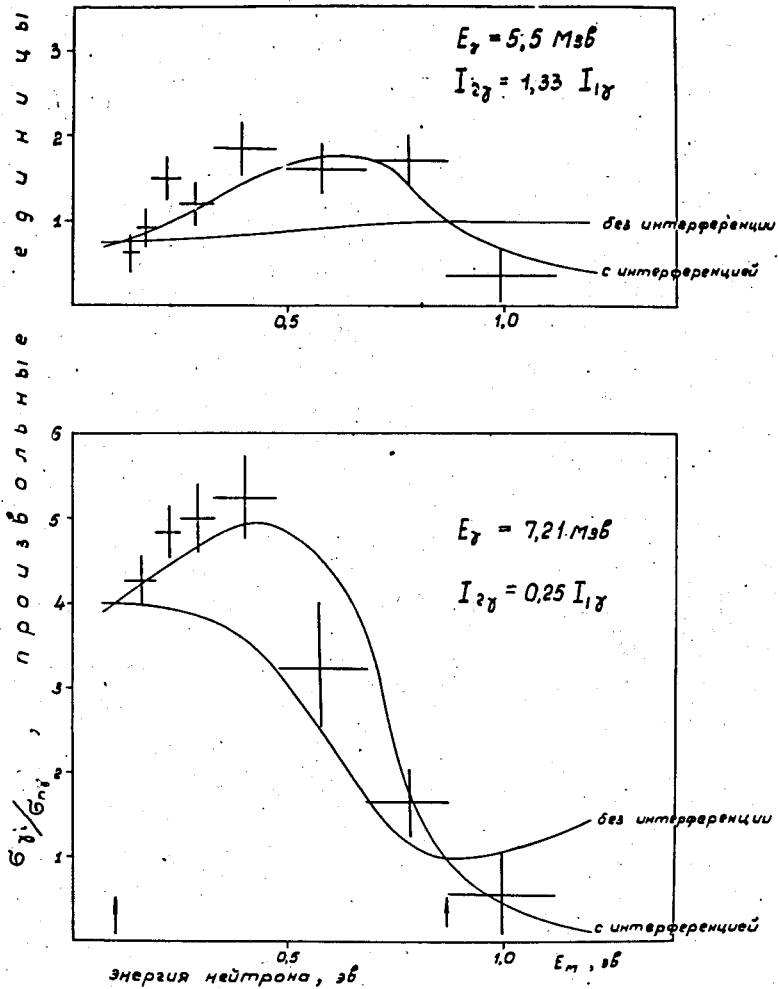


Рис.5. Относительный выход γ -лучей (переходы $E_\gamma = 5,53$ Мэв и $E_\gamma = 7,21$ Мэв). Сплошные кривые - результаты расчета с учетом и без учета интерференции. Нормировано по резонансу $E_0 = 0,88$ Мэв.