

4  
A-53



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

---

В.П. Алфименков, Н.А. Лебедев, Ю.М. Останевич, Т. Русков, А.В. Стрелков

P-1370

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТА МЕССБАУЭРА  
НА  $\text{Sm}^{149}$

ЖЭТФ, 1964, т46, в2, с 482-487

Дубна 1963

В.П. Алфименков, Н.А. Лебедев, Ю.М. Останевич, Т.Русков<sup>х)</sup>, А.В.Стрелков

P-1370

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТА МЁССБАУЭРА  
НА  $Sm^{149}$

Направлено в ЖЭТФ



---

<sup>х)</sup> В настоящее время работает в Физическом институте Болгарской Академии наук, София.

2043/1 ч8

## 1. Методика измерений и установка

До настоящего времени большинство работ, посвященных применению эффекта Мёссбауэра для решения различных физических задач, выполнено на "хороших" мёссбауэровских  $\gamma$ -переходах в  $Fe^{57}$ ,  $Sr^{119}$  и  $Au^{197}$ . Нами исследовался  $\gamma$ -переход 22,5 кэв ядра  $Sm^{149}/1,2,3/$ , который при некотором развитии экспериментальной техники также может стать "хорошим" в отношении эффекта Мёссбауэра.

Уровень 22,5 кэв в  $Sm^{149}$  возбуждается при  $K$ -захвате в  $Eu^{149}$  и имеет время жизни  $1,1 \cdot 10^{-8}$  сек /8/. Радиоактивный  $Eu^{149}$  был получен по реакции глубокого расщепления при облучении  $Ta$  мишени протонами с энергией 680 Мэв. Поскольку основная доля  $Eu^{149}$  образуется при распаде  $Gd^{149}$  ( $T_{1/2} = 9,3$  дня), хроматографическое выделение европиевой фракции /7,8/ производилось месяц спустя после облучения. Для введения  $Eu^{149}$  в кристаллическую решетку  $Sm_2O_3$  к раствору лактата аммония, содержащему  $Eu^{149}$  без носителя, добавлялось 3-4 мг азотнокислого самария, раствор выпаривался, и осадок прокаливался на воздухе при  $600^\circ C$  в течение часа. Полученная таким образом окись самария, содержащая  $Eu^{149}$ , фиксировалась на кварцевой подложке поливиниловым спиртом. Активность источника по линии 22,5 кэв составляла около  $5 \cdot 10^4$  квант/сек. Линия 22,5 кэв, по-видимому, сильно конвергирована, и ее выделению из аппаратурного  $\gamma$ -спектра мешает близко расположенное рентгеновское излучение  $Sm$  ( $\approx 41$  кэв). Достаточно хороший аппаратурный  $\gamma$ -спектр (рис. 1) удалось получить, применяя пропорциональный счетчик. Приводим основные характеристики использованного нами счетчика: диаметр рабочего объема 70 мм; длина - 150 мм; окно бериллиевое, боковое; рабочая смесь - аргон + 10% метана, давление 3-5 атмосфер; для очистки газа счетчик снабжен непрерывно работающим кальциевым очистителем.

Спектр резонансного поглощения получался обычным методом доплеровского смещения с использованием электромагнитного вибратора. Вибратор (рис. 2) состоял из двух магнитов от обычных громкоговорителей, в кольцевые магнитные зазоры которых были введены две подвижные катушки, связанные между собой алюминиевым стержнем. Катушки в зазорах центрировались мембранами из фосфористой бронзы. Фильтр монтировался на рамке, жестко связанной с катушками, источник вводился внутрь рамки на независимом подвесе и в процессе измерений оставался неподвижным. Катушки вибратора вместе с фильтром двигались по гармоническому закону на резонансной частоте вибратора (30-40 гц).

Для получения зависимости скорости счета в детекторе от скорости движения и для возбуждения вибратора была использована следующая схема (рис. 3). Имелся генератор пусковых импульсов с частотой в  $n^x$  раз большей собственной частоты вибратора, причем частота генератора в определенных пределах могла управляться внешним напряжением.

<sup>x)</sup>  $n$  - число каналов запоминающего устройства (ЗУ). Использовались 2 различных ЗУ. на 100 (АИ-100) и 256 каналов.

Импульсы от генератора поступали на вход пересчетной схемы с коэффициентом пересчета  $n$ , дававшей на выходе прямоугольную волну напряжения. Пройдя усилитель мощности, это напряжение поступало на "двигательную" катушку вибратора. Индуцированное в результате движения синусоидальное напряжение с "датчиковой" катушки вибратора, после нелинейного усиления до формы прямоугольной волны, подавалось на одно плечо электронного фазометра. Другое плечо фазометра питалось напряжением, возбуждающим вибратор. Постоянное напряжение с выхода фазометра, пропорциональное разности фаз между вынуждающей силой (питающее напряжение) и скоростью движения (напряжение с "датчиковой" катушки), управляло частотой генератора пусковых импульсов, создавая обратную связь, стабилизирующую частоту генератора. Такая система обеспечивала достаточную долговременную стабильность частоты и амплитуды движения вибратора в диапазоне скоростей от долей до десятой сантиметров в секунду. Пусковые импульсы от генератора без пересчета поступали в адресное устройство З.У., переключая за один период колебаний все  $n$  каналов.

Прошедшее через фильтр  $\gamma$ -излучение регистрировалось пропорциональным счетчиком; интересовавшая нас область амплитудного спектра выделялась одноканальным анализатором ААДО-1. Импульсы с ААДО-1 после системы блокировки и формирования регистрировались в арифметическом устройстве З.У. Каждый канал З.У. соответствовал определенному интервалу мгновенных значений скоростей фильтра относительно источника, причем номер канала  $i$  и среднее значение скорости в нем  $V_i$  связаны следующим образом:

$$V_i = V_{\text{макс.}} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{n} i + \phi\right). \quad (1)$$

Для фиксации фазы запуска З.У. (величины  $\phi$ ) было использовано второе пересчетное устройство с коэффициентом пересчета  $n$ ; импульс с его выхода устанавливает адрес З.У. на нуль. При установке первого пересчетного устройства на нуль во второе можно было занести любое число от 0 до  $n-1$ , что позволяло устанавливать  $n$  дискретных значений фазы запуска З.У. в пределах периода. Однако такая регулировка использовалась только из соображений удобства, поскольку расшифровка аппаратурного спектра не представляет труда при произвольном значении фазы запуска. Действительно, любая точка скоростного спектра (например, максимум поглощения) за один период движения проходит дважды. Поэтому аппаратурный скоростной спектр состоит из двух зеркально-симметричных частей (рис. 4). Значение скорости  $V_n$ , соответствующее, например, максимуму поглощения, может быть вычислено из аппаратурного спектра по следующей формуле:

$$V_n = -V_{\text{макс.}} \cos\left(\frac{(i-i')\pi}{n}\right), \quad (2)$$

где  $V_{\text{макс.}}$  - амплитудное значение скорости,  $i, i'$  - номера каналов, в которых наблюдается максимум,  $n$  - число каналов З.У.

Непосредственный контроль движения вибратора и определение  $V_{\text{макс.}}$  производились с помощью стробоскопа, выполненного на импульсной лампе ИФБ-300. Запуск лампы производился импульсом с второй пересчетной схемы  $n$ , следовательно, мог быть синхронизован с работой любого из  $n$  каналов. Измерение смещений вибратора производилось с помощью микроскопа. Точность определения скорости движения была не хуже 3-5%.

### Обсуждение результатов измерений

Измерения скоростных спектров при комнатной температуре показали, что в спектре резонансного поглощения  $S_{m149}$  в  $S_{m_2}O_2$  вплоть до скоростей 6 см/сек содержится одна компонента практически лорентцовой формы. В предположении одиночных линий испускания и поглощения методом наименьших квадратов для ширины линии испускания и поглощения получено значение:  $\Gamma_0 = (1,35 \pm 0,1) \cdot 10^{-7}$  эв или 1,8 мм/сек, что удовлетворительно согласуется с данными работ /1,4,5/. Сдвиг между линиями испускания и поглощения, как и следовало ожидать, оказался практически равным нулю ( $\Delta E < 0,2 \cdot 10^{-7}$  эв), что позволило нам из зависимости величины эффекта при нулевой скорости от толщины фильтра (рис. 5) получить для вероятностей испускания и поглощения без отдачи следующие значения:

$$f_0 = (38 \pm 4) \cdot 10^{-2}; \quad f'_0 \sigma_0 = (3,2 \pm 0,7) \cdot 10^4 \text{ барн} \quad (3)$$

Ширина линии, соответствующая времени жизни, оказывается в 2-3 раза меньше. Поэтому приведенное значение  $f_0$  следует рассматривать скорее как эффективное для  $S_{m_2}O_2$ .

Спин основного состояния  $S_{m149}$  равен 7/2, спин уровня 22,5 кэв пока не определен, но по данным работы /3/ может отличаться от основного не более чем на единицу. В этих условиях квадрупольное расщепление должно дать не менее 8 компонент. Наблюдаемая ширина испускания слишком мала, чтобы структура расщепления могла быть разрешена, чем и объясняется лорентцовская форма зависимости поглощения от относительной скорости.

В предположении, что многокомпонентные спектры испускания и поглощения с достаточной точностью можно заменить на одну уширенную линию шириной  $\Gamma_0$ , определяемой на эксперименте, кривая зависимости максимального поглощения от толщины фильтра должна описываться следующим выражением:

$$\Sigma(n) = f_0 \frac{\Gamma_0}{\Gamma_0'} [1 - \exp(-\frac{1}{2} n \sigma_0 f'_0) \cdot I_0(\frac{1}{2} n \sigma_0 f'_0)], \quad (4)$$

где  $n$  - толщина фильтра,  $\Gamma_0$  - естественная ширина уровня,  $f_0$  - доля квантов, испускаемая без отдачи,

$$\sigma_0 = \frac{2J^* + 1}{2J + 1} \frac{\lambda^2}{2\pi} \frac{1}{1 + a}. \quad (5)$$

Используя значение  $\Gamma_0$ , определенное из измерений времени жизни /8/, можно восстановить  $f_0$ :

$$f_0 = f'_0 \cdot \frac{\Gamma_0}{\Gamma_0'} = 0,8.$$

Этот результат находится в хорошем согласии с ожидаемым их простых оценок в дебаевском приближении.

Полагая  $f'_0 = f_0$  для величины  $\sigma_0$  из (3) получаем значение

$$\sigma_0 = (8,4 \pm 2,5) \cdot 10^4 \text{ барн.}$$

В работе /3/ для спина возбужденного состояния  $J^*$  предлагаются два значения: 5/2 или 7/2. Из /5/ для коэффициента конверсии получаем значения:  $a = 41 \pm 12$  или  $J^* = 5/2$ ,  $a = 58 \pm 17$  для  $J^* = 7/2$ . В той же работе для отношения  $E_2/M_1$  получено значение 0,011, что, с использованием расчетных значений коэффициентов конверсии /8/, позволяет получить  $a = 38$ . В работе /10/, по-видимому, более точной, приведено значение  $E_2/M_1 = (31 \pm 0,3) \cdot 10^{-4}$ , что дает  $a = 28$ . Наш результат удовлетворительно согласуется

с этими данными при спине возбужденного уровня  $5/2$ , хотя точность для уверенного определения спина пока недостаточна.

Малая активность источника, к сожалению, не позволила нам уточнить полученные результаты и провести ряд других интересных измерений. Работы с  $Sm^{149}$  будут продолжены после получения более сильного источника.

В заключение авторы выражают благодарность Ф.Шапиро за постоянный интерес к работе, Ж.Желеву за полезные обсуждения, В.Григалису, З.Мариш, Е.Пикельнер, С.Салахиддинову и А. Секирию за помощь в измерениях и А.Новгородову в приготовлении источника.

#### Л и т е р а т у р а

1. В.П.Алфименков, Ю.М.Останевич, Т.Русков, А.В.Стрелков, Ф.Л.Шапиро, Янь У-гуан. ЖЭТФ, **42**, 1036 (1962).
2. B.S.Dzelepor, K.Gromov, A.Kudryavtseva, Van Fu-tsin, I.Visi, Yu.Yazvitsky, Zh.Zhelev., Nucl. Phys., **30**, 110 (1962).
3. V.Harmatz, T.H.Handley, J.W.Michelich. Phys. Rev., **123**, 1758 (1961).
4. S.Iha, R.Segman, G.Lang. Phys. Lett., **2**, 117 (1963).
5. R.Leonard, S.Iha, G.Lang. BAPS, **8**, 85 (1962).
6. A.C.Li, O.Kistner, S.Monaro. BAPS, **8**, 332 (1962).
7. W.E.Nervik. U.C.R.L. 2542, April 1954.
8. Б.К.Преображенский, О.М.Лилова, А.М.Доброирова, Е.Д.Тетрин. ЖНХ **1**, 10, 2294 (1956).
9. Л.А.Слив, И.М.Банд. Таблицы КВК гамма-излучения на  $K$  и  $L$  оболочках. Сб. "Гамма лучи", стр.318 (1961).
10. Г.И.Сычиков, В.Р.Бурмистров, А.Д.Вангай, О.Д.Ковригин, Г.А.Ломдаренков, Г.Д.Латышев, А.Ф.Новгородов. Доклад на У1 совещания по нейтродефицитным изотопам редких земель и теории ядра. Дубна (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 июля 1963 г.

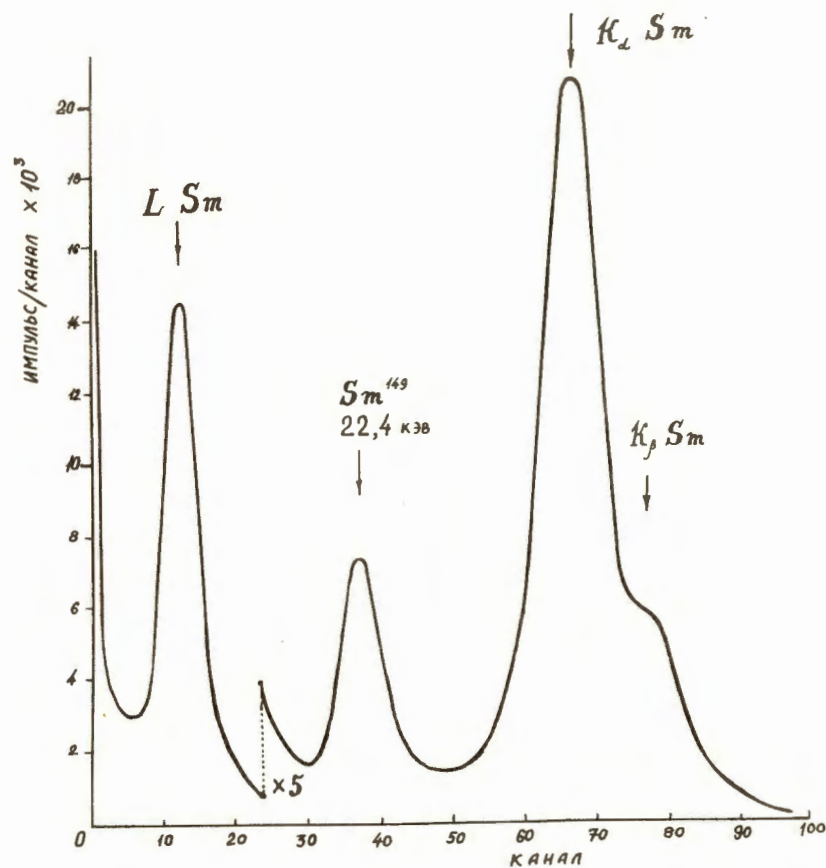


Рис. 1. Аппаратурный  $\gamma$ -спектр источника  $Eu^{149}$ . Детектор - пропорциональный счетчик.

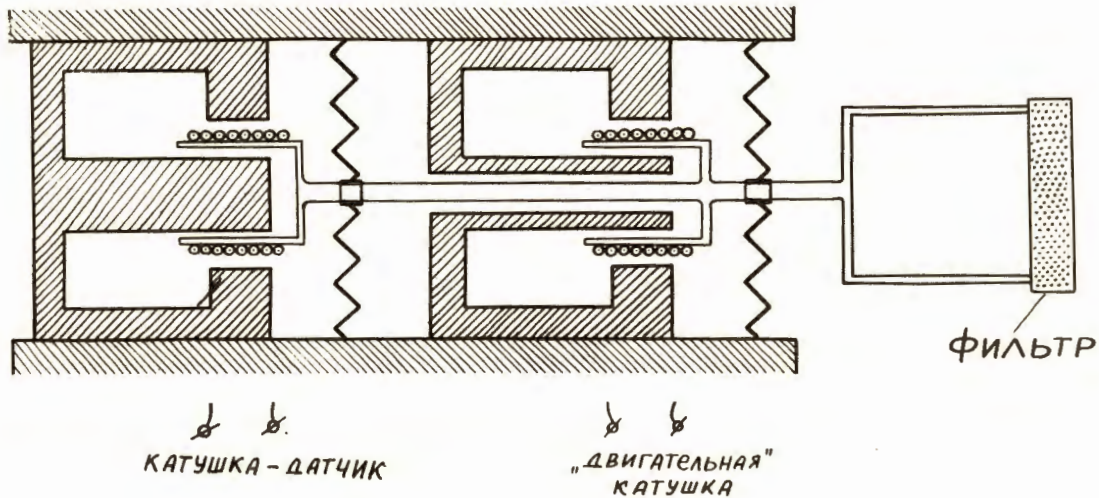


Рис. 2. Схема электромагнитного вибратора.

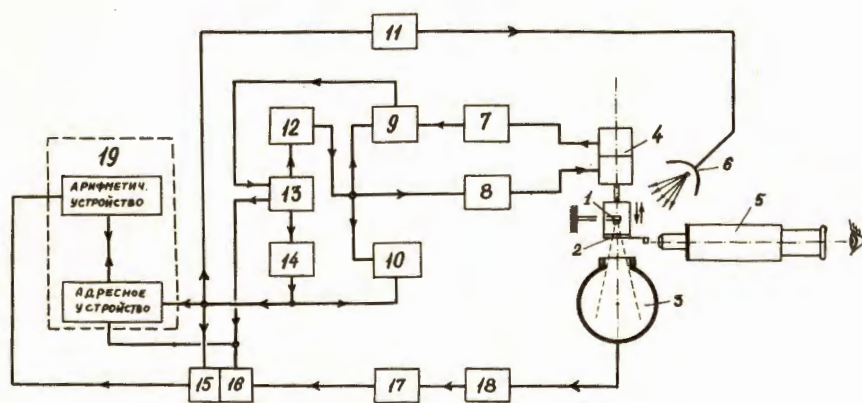


Рис. 3. Блок-схема радиоаппаратуры и экспериментальной установки. Цифрами обозначено: 1) источник, 2) фильтр, 3) пропорциональный счетчик, 4) вибратор, 5) микроскоп, 6) импульсный осветитель, 7) нелинейный усилитель сигнала с "датчиковой" катушки, 8) усилитель мощности, 9) измеритель фазы движения, 10) измеритель фазы запуска запоминающего устройства, 11) привод импульсного осветителя, 12) первая пересчетная схема, 13) генератор пусковых импульсов, 14) вторая пересчетная схема, 15, 16) - блокировки при сбросе и переключении адреса, 17) одноканальный анализатор, 18) широкополосный усилитель, 19) многоканальное запоминающее устройство.

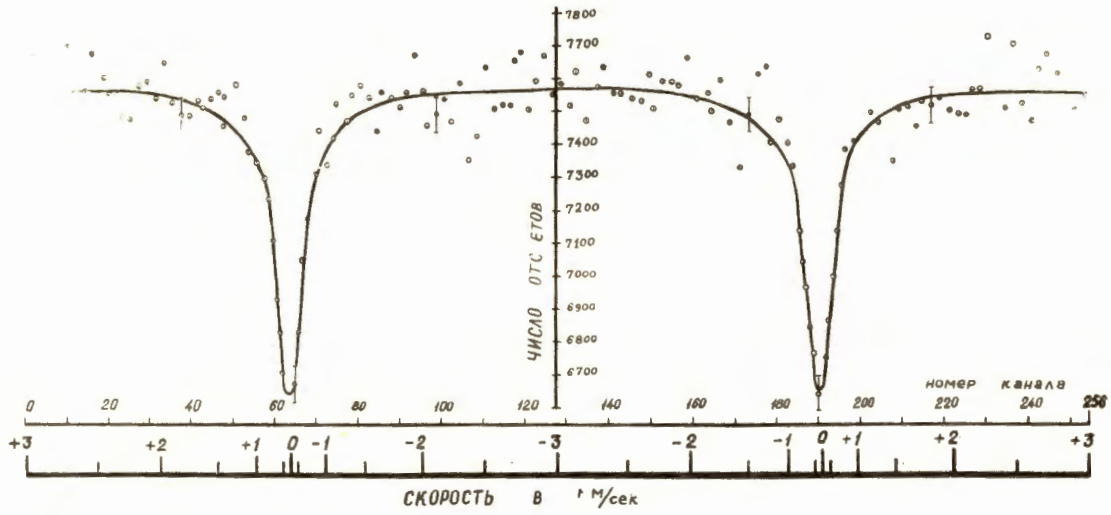


Рис. 4. Аппаратурный скоростной спектр, фильтр  $50 \text{ мг/см}^2 \text{ Sm}_2\text{O}_3$ .

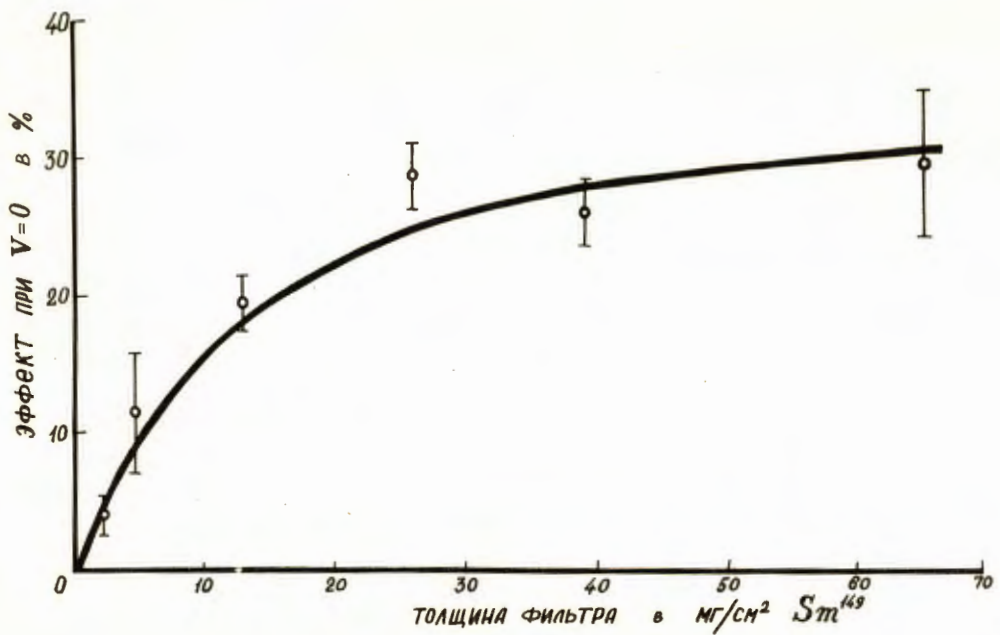


Рис. 5. Зависимость величины резонансного поглощения при нулевой скорости от толщины фильтра.