

С 15а + СЗ41.18

3-436

6/xi-67

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

6 - 3517



И. Звольски, В.И. Приходько

КЛИНИКА НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ
ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

РАЗЛОЖЕНИЕ СЛОЖНЫХ ЛИНИЙ В γ И β - СПЕКТРАХ

1967.

6 - 3517

И. Звольски, В.И. Приходько

РАЗЛОЖЕНИЕ СЛОЖНЫХ ЛИНИЙ В γ И β - СПЕКТРАХ

5392/1 нр.

В работе^{/1/} была описана методика предварительной обработки амплитудных γ -спектров на ЭВМ "Минск-2" с помощью осциллографа со световым карандашом. Данная работа является дальнейшим развитием обрабатываемого комплекса^{/1/} и посвящена проблеме разложения сложных линий в γ и β -спектрах.

В большинстве случаев^{/2,3/} для аппроксимации отдельных линий в γ -спектрах используется функция Гаусса (обычная или модифицированная) в комбинации с полиномом, степень которого зависит от вида и сложности спектра, условий, в которых он был получен, уровня и характера фона и т.д. В β -спектрах из-за существенной асимметрии линий для аппроксимации обычно используются две функции^{/4/}, одна из которых описывает жесткий край линии, другая - "хвост."

В данной работе используется функция^{/6/}, одинаково хорошо описывающая форму линий в γ и β -спектрах. Для участка спектра, содержащего n линий, она имеет вид:

$$F = \sum_{i=1}^n 4 F_{0_i} \left\{ \exp \left[- \frac{N - N_{0_i}}{\sigma_i (1 + \alpha_i)} \right] + \exp \left[\frac{N - N_{0_i}}{\sigma_i (1 - \alpha_i)} \right] \right\}^{-2}, \quad (1)$$

где N_{0_i} - положение максимума i -й линии (в каналах);

F_{0_i} - значение функции в точке N_{0_i} ;

$\sigma_i = \frac{\sigma_i'}{1,76}$;

σ_i' - ширина линии на половине высоты;

α_i - коэффициент асимметрии ($0 < \alpha_i < 1$);

N - текущий номер канала.

Таким образом, для описания формы одной линии используются четыре параметра, причем σ_i и α_i для отдельных участков могут быть общими.

Разложение спектра на компоненты производится на ЭВМ "М-20" по СП-0123. Программа ищет минимум функционала

$$M = \sum_{j=1}^k [F_j - F_j (N_{01}, \dots, N_{0n}; F_{01}, \dots, F_{0n}; \sigma_1, \dots, \sigma_n; a_1, \dots, a_n; N_j)]^2 \omega_j,$$

где F_j - число отсчетов в j канале;

k - число точек в обрабатываемом участке;

ω_j - вес j -й точки;

F_j - значение функции в j -й точке, вычисленное по формуле (1).

Условия минимизации функционала M выполняются при равенстве нулю частных производных по всем параметрам p_i , т.е.

$$\frac{\partial M}{\partial p_i} = 0. \quad (2)$$

Для функции (1) частные производные по параметрам имеют вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial F_{01}} &= 4 \left\{ \exp \left[-\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 + a_1)} \right] + \exp \left[\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 - a_1)} \right] \right\}^{-2}; \quad (4) \\ \frac{\partial F}{\partial N_{01}} &= \frac{8 F_{01} \left\{ \frac{1}{1 - a_1} \exp \left[\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 - a_1)} \right] - \frac{1}{1 + a_1} \exp \left[-\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 + a_1)} \right] \right\}}{\sigma_1 \left\{ \exp \left[-\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 + a_1)} \right] + \exp \left[\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 - a_1)} \right] \right\}^3}; \\ \frac{\partial F}{\partial \sigma_1} &= \sum_{i=1}^n \frac{8 F_{01} (N - N_{01}) \left\{ \frac{1}{1 - a_1} \exp \left[\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 - a_1)} \right] - \frac{1}{1 + a_1} \exp \left[-\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 + a_1)} \right] \right\}}{\sigma_1^2 \left\{ \exp \left[-\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 + a_1)} \right] + \exp \left[\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 - a_1)} \right] \right\}^3}; \\ \frac{\partial F}{\partial a_1} &= - \sum_{i=1}^n \frac{8 F_{01} (N - N_{01}) \left\{ \frac{1}{(1 + a_1)^2} \exp \left[-\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 + a_1)} \right] + \frac{1}{(1 - a_1)^2} \exp \left[\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 - a_1)} \right] \right\}}{\sigma_1 \left\{ \exp \left[-\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 + a_1)} \right] + \exp \left[\frac{N - N_{01}}{\sigma_1 (1 - a_1)} \right] \right\}^3}; \quad (7) \end{aligned}$$

Решение системы уравнений

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial M}{\partial N_{01}} &= 0 \\
 \vdots \\
 \frac{\partial M}{\partial N_{0n}} &= 0 \\
 \vdots \\
 \frac{\partial M}{\partial a_1} &= 0 \\
 \vdots \\
 \frac{\partial M}{\partial a_n} &= 0
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

дает набор параметров p_1 , при которых сумма M минимальна, а значения функции F максимально приближаются к экспериментальным точкам.

Результаты разложения используются для получения следующей информации:

1. Вычисляются отдельные компоненты сложного участка спектра. Эта информация может быть получена непосредственно из СП-0123 или при дополнительном обращении к арифметической части программы разложения.

2. Определяются абсолютная и относительная интенсивности каждой компоненты.

3. Уточняется положение максимума каждого пика N'_{0i} . Величина N'_{0i} находится дифференцированием по N функции F при некотором фиксированном $i = k$:

$$N'_{0k} = N_{0k} + \frac{\sigma_k}{2} (1 - \alpha_k^2) \ln \frac{1 - \alpha_k}{1 + \alpha_k} .
 \tag{9}$$

4. Осуществляется переход от N'_{0i} к энергии E_i по калибровочной кривой, которая представляет собой кусочно-линейную аппроксимацию зависимости $E = f(N)$.

Вычитание фона, формирование массива, предназначенного для разложения, а также определение начальных условий для СП-0123^{x/} производится на ЭВМ

^{x/} Для вычисления начальных условий достаточно указать световым карандашом приблизительное положение каждой из предполагаемых компонент сложной линии. При этом непосредственно определяются N_{0i} и F_{0i} , а начальные значения параметров σ_i и α_i вычисляются по калибровочному спектру, заложенному в память ЭВМ.

"Минск-2" программой предварительной обработки с использованием осциллографа со световым карандашом. Эти данные могут вводиться также с перфокарт.

Следует заметить, что предварительное вычитание фона дает возможность использовать данную программу для разложения как амплитудных γ -спектров, так и спектров электронов внутренней конверсии.

На рис. 1,2 проиллюстрированы некоторые случаи разложения γ -спектров от полупроводниковых детекторов и β -спектров, полученных на магнитном спектрометре. Для обсчета каждого участка потребовалось 1-2 мин. машинного времени.

Авторы благодарят сотрудников ОИЯИ Ф. Бечваржа, Л.М. Панченко и И.И. Шелонцева за постоянный интерес к работе и помощь.

Л и т е р а т у р а

1. Г.И. Забиякин, И. Звольски, В.И. Приходько и др. Доклад на VIII ежегодном совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. г. Харьков, январь 1967 г.
2. R. I. Heath, R. G. Helmer, L. A. Schmittrich and G. A. Carrier. IDO-17017 (April 1965).
3. R. H. Moore. NAS-NS-3107 (1962). p. 305.
4. G. Murray, R. H. Graham and J. S. Geiger. Nucl. Physics v. 45 (1963) N2 p. 177.
5. П. Галан, В.В. Кузнецов, М.Я. Кузнецова, Я. Урбанец, М. Фингер, Д.Христов, И. Юрсик. Распад ^{155}Tb . Препринт Р6-3479, Дубна, 1967.
6. Martha Stevens and J.A. Harvey. The EAS Nuclear Cross Section Advisory Group at the Meeting on November 10-11, 1966 held at Argonne, Illinois. WASH-1071.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 сентября 1967 года.

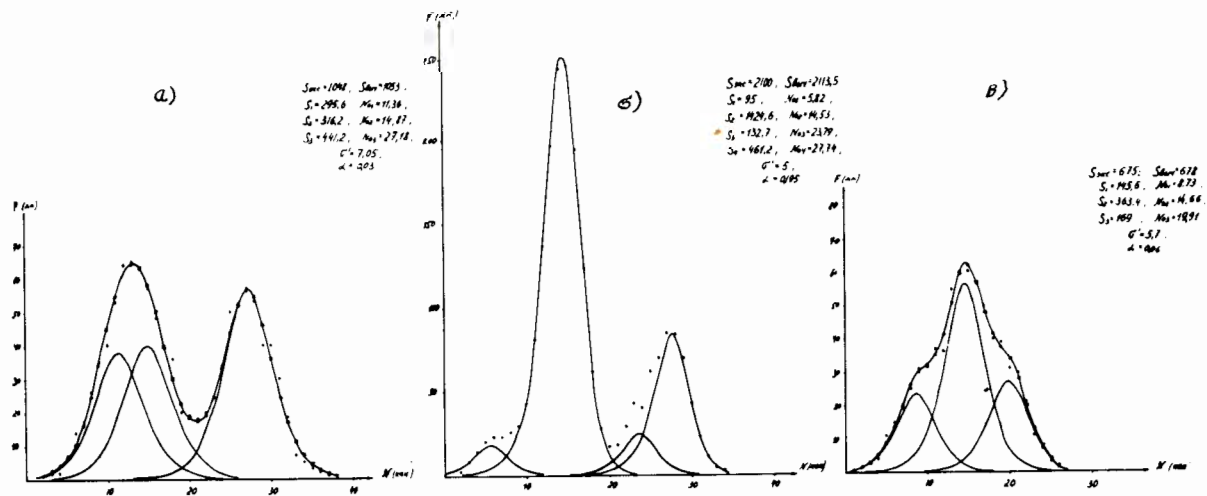


Рис. 1. Разложение на компоненты участков γ -спектра, полученного с полупроводниковым $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектором (разрешение 5,7 кэВ на линии 1,33 мэВ ^{60}Co) — экспериментальные точки; — точки, вычисленные по формуле (1); $S_{\text{эк}}$ — площадь под экспериментальными точками; $S_{\text{выч}}$ — площадь под точками, полученными из (1); S_1 — площадь 1-й компоненты а) участок спектра ^{176}Ta , $E_1 = 508,38$ кэВ; $E_2 = 512,14$ кэВ; $E_3 = 525,33$ кэВ; б) участок спектра ^{173}Hf $E_1 = 277,81$ кэВ; $E_2 = 296,96$ кэВ; $E_3 = 306,58$; $E_4 = 310,73$ кэВ; в) участок спектра ^{175}Ta $E_1 = 1025,87$ кэВ; $E_2 = 1032,99$ кэВ; $E_3 = 1039,29$ кэВ.

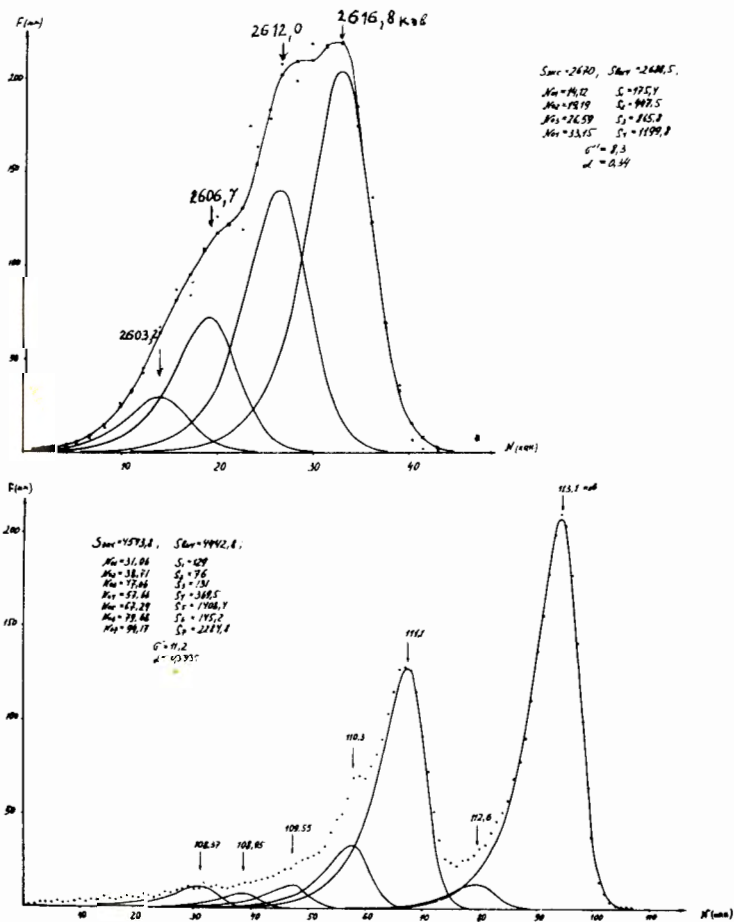


Рис. 2. Разложение на компоненты участков e^- -спектра/5/.
 а) участок спектра ^{152}Tb . б) участок спектра ^{155}Tb .

В случае а) спектр снят при помощи β - спектрометра типа $2 \times (\pi\sqrt{2})$,
 $\frac{\Delta(H\rho)}{H\rho} = 0,21\%$, в случае б) на том же спектрометре, но в режиме $\pi\sqrt{2}$,

$$\frac{\Delta(H\rho)}{H\rho} = 0,25\% .$$