

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3994/2-76



1/4-76

Ц 840 6
К-174

10 - 9809

Л.А.Калмыкова, В.Р.Бурмистров

ПРОГРАММА РАЗМЕЩЕНИЯ ГАММА-ЛИНИЙ
СРЕДИ ИЗВЕСТНЫХ УРОВНЕЙ И ВЫДАЧИ
НА АЦПУ СХЕМЫ РАСПАДА ЯДЕР

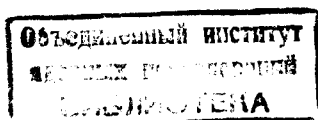
1976

10 - 9809

• Л.А.Калмыкова, В.Р.Бурмистров*

ПРОГРАММА РАЗМЕЩЕНИЯ ГАММА-ЛИНИЙ
СРЕДИ ИЗВЕСТНЫХ УРОВНЕЙ И ВЫДАЧИ
НА АЦПУ СХЕМЫ РАСПАДА ЯДЕР

* ИЯФ АН КазССР.



Экспериментаторам, изучающим радиоактивный распад различных изотопов, очень часто при построении схем распада ядер приходится оперировать большими массивами чисел, учитывая при этом различные условия, вытекающие из физических соображений.

С целью сведения к минимуму ручной обработки экспериментальных данных при построении схем распада написана программа "SCHEME" для автоматического размещения γ -линий спектра среди известных уровней. Схема распада изучаемого изотопа в результате работы программы выдается на АЦПУ в графическом виде.

Программа написана на языке ФОРТРАН. Имеются ее варианты для ЭВМ БЭСМ-6 и CDC-6400.

Описание программы

В основе алгоритма данной программы лежит проверка следующего условия:

$$|(\xi_N - \xi_i) - E_{\gamma k}| \leq F \cdot \sqrt{\Delta \xi_N^2 + \Delta \xi_i^2 + \Delta E_{\gamma k}^2} \quad /1/$$

Здесь $i < N \leq 120$; ξ_N , ξ_i - энергии известных уровней; $E_{\gamma k}$ - энергии гамма-линий, F - множитель, который можно изменять, знак Δ обозначает погрешности экспериментального определения соответствующих величин.

В программе для каждого уровня с энергией ξ_i отыскиваются характеристики:

1/ $J_{out i}$, $\Delta J_{out i}$ - суммарная интенсивность гамма-линий, "уходящих" с i -того уровня.

2/ $J_{in i}$, $\Delta J_{in i}$ - суммарная интенсивность гамма-линий, "питающих" i -ый уровень.

Начиная с наибольшего по энергии уровня ξ_N / N - число уровней/, программа перебирает разности $\xi_N - \xi_i$, где $i < N$; при этом находит такие $E_{\gamma k}$, которые удовлетворяли бы условию /1/. Если это условие соблюдается, то запоминается связь:

$$\xi_N \rightarrow \xi_i \rightarrow E_{\gamma k} \quad /2/$$

После этого находятся характеристики:

$$(J_{out})_N = J_{\gamma k}$$

$$(\Delta J_{out})_N = \Delta J_{\gamma k} \quad \text{для } N \text{ - уровня}$$

и

$$(J_{in})_i = J_{\gamma k}$$

$$(\Delta J_{in})_i = \Delta J_{\gamma k} \quad \text{для } i \text{ - уровня,}$$

где $J_{\gamma k}$ - интенсивность k -той гамма-линии.

Программа учитывает, что эти первоначальные характеристики $(J_{out})_N$ и $(J_{in})_i$ могут еще измениться.

Когда найдутся еще такие ξ_j и $E_{\gamma \ell}$, при которых удовлетворяется условие /1/, если в нем заменить i на j , а k на ℓ , то опять запоминается связь:

$$\xi_N \rightarrow \xi_j \rightarrow E_{\gamma \ell}.$$

Затем находятся /или уточняются/ следующие характеристики:

$$(J_{out})_N = J_{\gamma k} + J_{\gamma \ell}$$

$$(\Delta J_{out})_N = \Delta J_{\gamma k} + \Delta J_{\gamma \ell} \quad \text{для } N \text{ - уровня,}$$

$$(J_{in})_j = J_{\gamma \ell}$$

$$(\Delta J_{in})_j = \Delta J_{\gamma \ell} \quad \text{для } j \text{ - уровня,}$$

если до этого еще ни разу не находилась характеристика $(J_{in})_j$.

Описанные выше действия проводятся до исчерпания всего массива энергий уровней $\{\xi\}$.

Затем берется следующий по величине уровень ξ_{N-1} и для него проводятся аналогичные, как и с уровнем энергий ξ_N , операции для случая, когда $i < N-1$. Точно такие же действия проделываются для всех уровней, заканчивая уровнем с энергией $\xi_{N-N} = 0$ кэВ. В результате находятся связи каждого уровня с другими. Кроме того, для каждого уровня определены суммарные характеристики: J_{out} , ΔJ_{out} , J_{in} , ΔJ_{in} .

Далее программа осуществляет анализ этих характеристик с целью выявления уровней, у которых суммарная $J_{out} = 0$ /если не принимать во внимание при этом основной уровень с $\xi = 0$ кэВ/. Такие уровни могут быть двух типов:

1/ если $J_{in} = 0$, то эти уровни не имеют связей с другими.

2/ если $J_{in} > 0$, то в этом случае интенсивность “загрузки” такого уровня больше, чем интенсивность его “разгрузки”, т.е. нарушается условие баланса интенсивностей гамма-линий, приходящих на уровень и уходящих с него.

В результате работы программы уровни с $J_{out} = 0$ исключаются подпрограммой SMY из списка уровней в схеме распада.

Кроме этого, программа может работать не со всем списком энергий уровней, а рассматривать, например, только какую-то часть схемы распада. Для этого программой предусмотрен ввод массива энергий уровней, которые необходимо исключить из полного списка уровней /массив {NOT} /. Выбрасывание массива {NOT} из полного вводимого массива уровней $\{\xi\}$ осуществляет подпрограмма SMY.

В Приложении дается порядок задания входных данных. Они вводятся с перфокарт. Все числа на перфокартах разделяются запятыми, в соответствии с требованиями подпрограммы XREAD, обеспечивающей бесформатный ввод данных /подпрограмма XREAD составлена Н.Н.Воробьевой/.

Окончательные данные, получаемые программой "SCHEME", - это схема уровней и гамма-переходов изучаемого изотопа. Программа предусматривает графическое изображение этой схемы на АЦПУ /рис. 1/.

Описание выдаваемой информации

Вывод результатов на печать осуществляется программой в следующем порядке:

1. NOT [1:N] - массив энергий тех уровней, которые экспериментатор не включает в рассмотрение ($N \leq 100$). Этот массив печатается после буквенного заголовка NOT(I). Если в распечатке встречается такой заголовок несколько раз, то после второго, третьего и т.д. будут отпечатаны энергии тех уровней, для которых $J_{out} = 0$.
2. Z, A - заряд и массовое число материнского ядра.
3. После текста "GAMMA-RAYS" печатается вводимый спектр гамма-переходов:
 - ENERGY - экспериментальные энергии;
 - ERROR - их ошибки;
 - INTENSITY - интенсивности гамма-переходов;
 - ERROR - ошибки этих интенсивностей.
4. Далее идет текст "CONNECTIONS", ниже которого печатаются связи типа: $(\epsilon_N - \epsilon_i : E_{\gamma k})$. Запись в скобках означает следующее: с уровня энергии ϵ_N на уровень энергии ϵ_i реализуется гамма-переход энергией $E_{\gamma k}$.
5. Затем печатается таблица характеристик уровней изучаемой схемы распада в порядке убывания энергии уровней /по столбцам/:
 - LEVEL - номер уровня по порядку;
 - ENERGY - энергия уровня;
 - ERROR - погрешность определения энергии уровня;
 - BCL - значения величин вероятности слу-

чайности уровня /если энергии уровней для схемы были получены с использованием программы LEVEL"/2//.

- INTENSITY (OUT) - суммарная интенсивность гамма-линий, уходящих с уровня;
- ERROR (OUT) - погрешность определения этой интенсивности;
- INTENSITY (IN) - суммарная интенсивность гамма-линий, "питающих" уровень.
- ERROR (IN) - погрешность определения этой интенсивности.

6. После печати текста: "THE DECAY SCHEME" идет графическое изображение схемы уровней и гамма-переходов для изучаемого ядра. Смотреть схему нужно слева направо. Верхний ряд цифр обозначает номера уровней. Для удобства рассмотрения схемы введены вертикальные колонки: первая колонка звездочек (*) отделяет значения энергий γ -переходов /самый левый столбец схемы/ от остальной схемы; остальные колонки символов "I" расположены в каждой 8-й позиции схемы, если начинать счет слева направо от вертикальной колонки звездочек. На схеме начало γ -перехода обозначается символом "O", конец перехода - символом "*" ; а промежуточные позиции заполняются символом "-".

Программой предусмотрено четыре коэффициента растяжки (КК) для графического изображения схемы. Эти коэффициенты зависят от числа вводимых уровней (NY):
1/ если $NY \leq 15$, то $КК = 8$;
2/ если $15 < NY \leq 30$, то $КК = 4$;
3/ если $30 < NY \leq 60$, то $КК = 2$;
4/ если $60 < NY \leq 120$, то $КК = 1$.

Указанные значения для коэффициента КК означают, что в зависимости от рассматриваемого случая каждый уровень изображаемой на АЦПУ схемы отстоит от предыдущего на 8, 4, 2 или 1 позиции в соответствии с 1/, 2/, 3/ или 4/ значением NY.

Результаты работы программы

Программа была опробована и проверена на данных для четырех схем распада из области $110 \leq A \leq 206$.

Применение этой программы для схемы уровней $^{48}\text{Cd}^{110}$ описано в работе /2/.

Для иллюстрации практических возможностей программы был взят пример размещения гамма-линий среди известных уровней $^{82}\text{Pb}^{206}$ опубликованных в работе /1/. В качестве входных энергий гамма-линий для удобства проверки работы программы были использованы не экспериментальные данные работы /1/, а составлен искусственный спектр гамма-переходов, в пределах ошибок совпадающий с экспериментальным. Этот спектр был определен таким образом, что в качестве энергий гамма-линий были взяты значения, вычисленные по разности энергий соответствующих уровней с использованием при этом схемы уровней и γ -переходов $^{82}\text{Pb}^{206}$, предложенной в работе /1/. Так, например, в искусственном спектре присутствует переход энергий 543,38 кэВ /вычислено по разности энергий следующих уровней: 1340,38 и 803,0 кэВ/, в то время как экспериментальное значение этой энергии перехода равно 543,4 кэВ.

Все остальные входные данные были взяты в соответствии с работой /1/.

Окончательный результат работы программы "SCHEME" - схема уровней и искусственных гамма-переходов для $^{82}\text{Pb}^{206}$ - представлен на рис. 1. На этом рисунке в левом столбце, отделенном от самой схемы звездочкой (*), приведены энергии гамма-линий искусственного спектра.

В табл. 1 даны входные значения энергий уровней, их ошибок как пример распечатки на АЦПУ.

Сравнивая схему, полученную с помощью программы "SCHEME" /рис. 1/, со схемой, представленной в работе /1/, видим хорошее согласие. Счетное время, которое потребовалось для этого примера, составило 2 мин. 30 с. на БЭСМ-6 и 25 с. на CDC-6400.

Подводя итог, необходимо заметить, что в ряде случаев из-за наличия больших экспериментальных погрешностей измеренных энергий гамма-линий программа может разместить одну и ту же гамма-линию в нескольких местах схемы распада. В таких случаях экспериментатор должен сам на основе своего опыта, а также

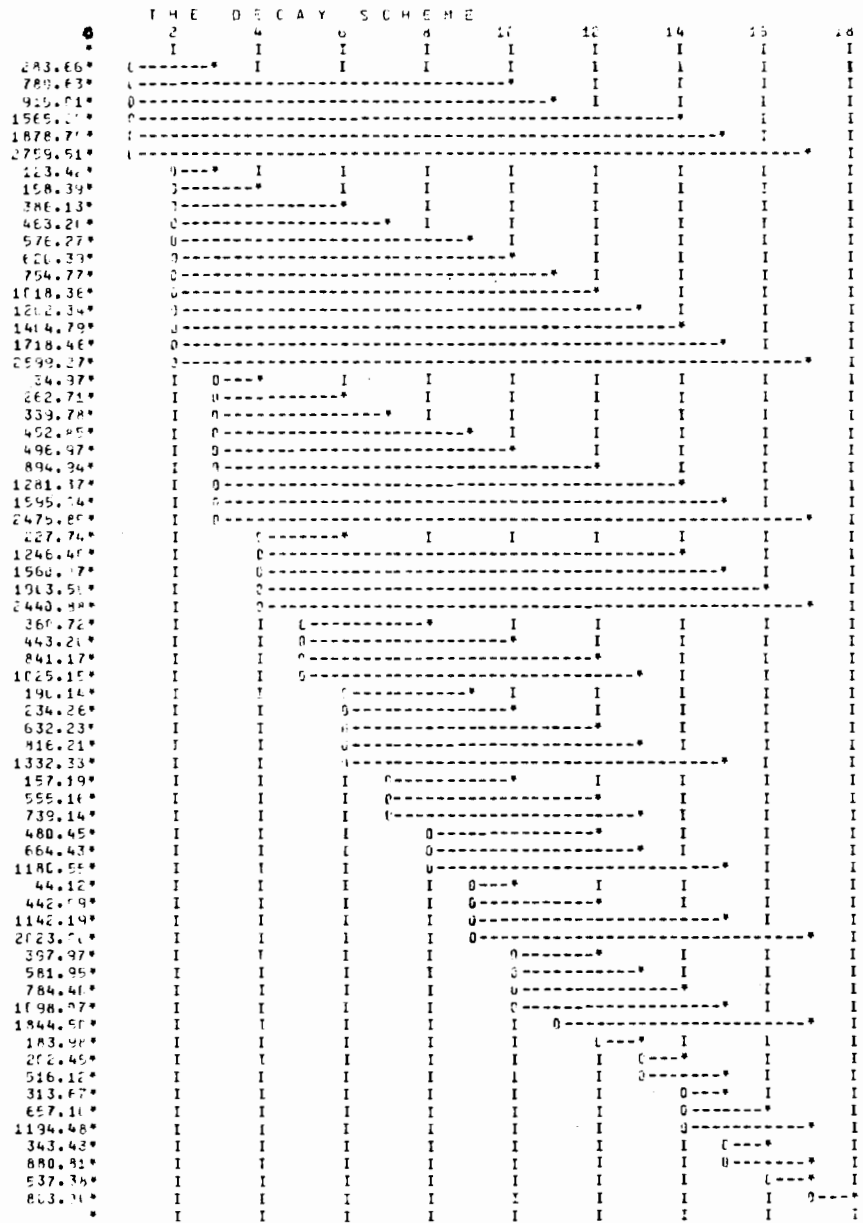


Рис.1. Машинное изображение схемы уровней и γ -переходов $^{82}\text{Pb}^{206}$ (искусственный спектр).

используя некоторую дополнительную информацию, например, мультипольность перехода, данные γ - γ -совпадений, данные, полученные другими авторами, разместить такой неоднозначный γ -переход в наиболее вероятном месте схемы распада.

Программа "SCHEME" предназначена также и для совместного использования ее с программой типа /2/ при исследованиях схем распада ядер.

В заключение авторы благодарят Л.С.Нефедьеву за постоянную поддержку и интерес к работе, а также И.Н.Кухтину и Н.Н.Воробьеву за полезные советы при составлении программы.

Таблица 1

Входные значения энергий уровней для ${}_{82}\text{Pb}^{206}$

Уровень	Энергия	Ошибка
1	3562.510	.190
2	3402.270	.180
3	3278.850	.170
4	3243.880	.160
5	3225.080	.150
6	3016.140	.140
7	2939.070	.130
8	2864.360	.120
9	2826.000	.110
10	2781.880	.100
11	2647.500	.090
12	2383.910	.080
13	2199.930	.070
14	1997.480	.060
15	1683.810	.050
16	1340.380	.040
17	803.000	.030
18	0.000	0.000

Приложение

Порядок задания входных данных

Идентификатор в программе. В скобках - количество членов в массиве	Пояснения
IZ	- заряд материнского ядра.
IA	- массовое число материнского ядра.
F	- параметр, который можно изменять от 0,3 до 3.
NG	- число γ -линий ($NG \leq 200$).
NY	- число вводимых уровней ($NY - N \leq 120$).
A[1:NG]	- массив энергий γ -линий.
DA[1:NG]	- массив ошибок измерения энергий γ -линий.
AIN[1:NG]	- массив интенсивностей γ -линий.
DAIN[1:NG]	- массив ошибок интенсивностей γ -линий. Этот массив вводится с целью получения на выходной печати полной информации о спектре.
EY[1:NY]	- массив энергий вводимых уровней.
DEY[1:NY]	- массив ошибок энергий вводимых уровней.
BCL[1:NY]	- массив величин вероятности случайности уровня /или определяются по программе "LEVEL" или им присваиваются значения $1,0 \cdot 10^{-15}$ /.
N	- число уровней, которые исключаются экспериментатором из массива вводимых уровней
NOT[1:N]	- массив энергий уровней, исключаемых из массива вводимых уровней.

Литература

1. *M.Fujoka, M.Kanbe, K.Histake. Nucl.Phys., A192, No. 1, 151 /1972/.*
2. *Л.А.Калмыкова, В.Р.Бурмистров. ОИЯИ, 10-9808, Дубна, 1976.*

*Рукопись поступила в издательский отдел
21 мая 1976 года.*