



Ордена Ленина

Институт атомной энергии

им. И. В. Курчатова

ИАЭ-3011

SC 49 05049

*Б. П. Адышев, В. Г. Антоненко*

**Программа для параметризации  
угловых распределений  
в ядерных реакциях  
с поляризованными частицами**

Москва 1978

**ОРДЕНА ЛЕНИНА**  
**ИНСТИТУТ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ им. И.В. КУРЧАТОВА**

**Б.П. Адьяевич, В.Г. Автоненко**

**ПРОГРАММА ДЛЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ**  
**УГЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ**  
**В ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ**  
**С ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ ЧАСТИЦАМИ**

**Москва**  
**1978**

1. Имя или обозначение программы: C0RP0L
2. Машина, для которой программа предназначена, или другие, на которых она может работать: БЭСМ-6.
3. Финансовая задача: в бинарных ядерных реакциях, где в одном из каналов (входном или выходном) участвуют поляризованные частицы, экспериментально наблюдаемые величины могут быть параметризованы с помощью матрицы реакции  $R$  и сферических гармоник  $P_n^m(\cos\theta)e^{-i\varphi}$ . Соответствующие коэффициенты разложения являются билинейными функциями элементов матрицы реакции  $\langle \ell s J^m | R | \ell s J^m \rangle$  в  $(\ell, s, J)$ -представлении. Численные множители при различных гармониках представляют собой сложные функции, включающие коэффициенты векторного сложения, коэффициенты Рака и X-коэффициенты.
4. Метод решения: по известным формулам [1,2] вычисляются численные коэффициенты при всех комбинациях  $R$ -матричных элементов для всех отличных от нуля гармоник каждой наблюдаемой величины.
5. Ограничения: программа не учитывает поляризацию частиц со спином больше  $3/2$ . Максимальный орбитальный момент не должен превышать 10. Главное ограничение накладывает использование факториалов чисел, не превышающих 31. Невозможность вычисления отдельных коэффициентов фиксируется при выдаче результатов.
6. Типичное время счета: время счета зависит от сложности задачи. Если пренебречь  $\int$ -волной, оно составляет десятки минут. В среднем на один коэффициент затрачивается около 2 с процессорного времени.
7. Отличительные черты программы: по сравнению с TENM0 и FATS0 [3] используется минимум исходных данных. Предусмотрено представление численных коэффициентов в виде степеней простых чисел, что дает возможность легко сравнивать коэффициенты между собой и находить линейные зависимости между ними. По желанию пользователя результаты выдаются в одном из двух представлений, принятых сейчас для описания поляризационных явлений в сферическом и декартовом, тогда как упомянутые программы [3] составлены только в сферическом представлении. Предусмотрена выдача результатов по частям, при повторном обращении к ЭВМ.
8. Связанные или вспомогательные программы: подпрограммы для вычисления коэффициентов векторного сложения, коэффициентов Рака и X-коэффициентов.
9. Состояние программы: в использовании.
10. Машинные требования: 55 К быстрой памяти, внешняя память не требуется.
11. Язык программирования: ФОРТРАН -ДУБНА.
12. Операционная система или монитор, с которыми программа работает: ДУБНА, ДИСПАК.
13. Дополнительные ограничения или информация: нет.
14. Доступный материал: фортранские тексты, тестовые задачи и их результаты имеются в Институте атомной энергии им. И.В.Курчатова.
15. Литература
  1. Devons S., Goldfarb L.I.B. - Handbuch d. Phys., 1957, v. 42, p. 362.
  2. Seiler F., Baumgartner E. - Nucl. Phys., 1970, v. A153, p. 193.
  3. Seiler F. - Computer physics communications, 1974, v. 6, p. 229.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

## 1.1. Теория

Свойства бинарной ядерной реакции определяются спинами  $i_k$  и внутренними четностями  $\pi_k$  участвующих в ней частиц, что символически может быть записано в виде:

$$i_1^{(\pi_1)} + i_2^{(\pi_2)} \rightarrow i_3^{(\pi_3)} + i_4^{(\pi_4)} \quad (1)$$

Поляризация частицы со спином  $i$  может быть описана двумя способами. Первый из них основан на сферическом представлении и оперирует с параметрами  $t_{k\mu}$ , где  $k=0,1,\dots,2i$ ;  $\mu=-k,-k+1,\dots,k$ . Второй основан на декартовом представлении и оперирует с параметрами  $p_{\alpha}$ , где  $\alpha$  - сочетание индексов  $x, y, z$ , определяющих набор пространственных тензоров с максимальным рангом  $2i$  [1].

В случае отсутствия поляризации частиц, участвующих в ядерной реакции, угловое распределение продуктов реакции в с.п.м. характеризуется дифференциальным сечением  $\sigma_0(\theta)$  и не зависит от  $\varphi$ , где  $\theta$  - полярный, а  $\varphi$  - азимутальный углы. В случае поляризации частиц 1 и 2 угловые распределения в декартовом представлении содержат составляющие  $\sigma_{\alpha\beta}(\theta) A_{\alpha}^{(i)}(\theta, \varphi) p_{\alpha}^{(i)}$ ,  $\sigma_{\alpha\beta}(\theta) A_{\beta}^{(2)}(\theta, \varphi) p_{\beta}^{(2)}$  и  $\sigma_{\alpha\beta}(\theta) C_{\alpha\beta}(\theta, \varphi) p_{\alpha}^{(1)} p_{\beta}^{(2)}$ . Величины  $A_{\alpha}^{(i)}$  и  $A_{\beta}^{(2)}$  называются анализирующими способностями, а  $C_{\alpha\beta}$  - коэффициентами корреляции поляризации. В случае измерения поляризации частиц 3 и 4 могут быть соответственно определены поляризации  $p_{\alpha}^{(3)}(\theta, \varphi)$  и  $p_{\beta}^{(4)}(\theta, \varphi)$  и коэффициенты корреляции поляризаций в выходном канале  $C_{\alpha\beta}(\theta, \varphi)$ . Индексы  $\alpha$  и  $\beta$  соответствуют обозначенным индексам тензоров в декартовом представлении и их линейным комбинациям, так, например,  $A_{xx-yy} \equiv A_{xx} - A_{yy}$ ,  $A_{3yy-3xyx+(7/2)y} \equiv A_{3yy} - 3A_{xyx} + (7/2)A_y$ .

В сферическом представлении для описания угловых распределений пользуются компонентами тензора эффективности  $T_{k_1\mu_1}^{(i)}(\theta, \varphi)$ ,  $T_{k_2\mu_2}^{(2)}(\theta, \varphi)$ , соответствующими анализирующим способностям  $A_{\alpha}^{(i)}(\theta, \varphi)$ , компонентами тензора поляризации  $t_{k_3\mu_3}^{(3)}(\theta, \varphi)$  и  $t_{k_4\mu_4}^{(4)}(\theta, \varphi)$  и коэффициентами корреляции поляризаций во входном канале  $T_{k_1\mu_1; k_2\mu_2}(\theta, \varphi)$  и в выходном канале  $T_{k_3\mu_3; k_4\mu_4}(\theta, \varphi)$ .

При достаточно низких энергиях угловые распределения могут быть параметризованы через матричные элементы  $R_j = \langle l_1^2 s_1^2 j_1^2 | R | l_2^2 s_2^2 j_2^2 \rangle$  в  $ls$ -представлении, точнее через их линейные комбинации. Так, в сферическом представлении [2,3]:

$$\sigma_0(\theta) = \frac{\lambda^2}{4\pi i_1 i_2} \sum_{k, l, s, \mu, m, n, j, \nu} B(k, l, s, \mu, m, n, j, \nu) P_k^{(j+\nu)}(\cos \theta) \times$$

$$\times \begin{cases} \operatorname{Re}(T_{k_s, \mu}^{(1)} T_{m_s, \mu}^{(2)} e^{-i(\mu + \mu')\varphi}) \operatorname{Re}(R_j R_{\nu}^*), & \text{если } k_s + m_s \text{ четно} \\ \operatorname{Im}(T_{k_s, \mu}^{(1)} T_{m_s, \mu}^{(2)} e^{-i(\mu + \mu')\varphi}) \operatorname{Im}(R_j R_{\nu}^*), & \text{если } k_s + m_s \text{ нечетно} \end{cases} \quad (2)$$

В декартовом представлении:

$$a_0(\theta) = \frac{\chi^2}{4 \hat{i}_1 \hat{i}_2} \sum_{k_s, \mu, m_s, \mu'} B'(k_s, \mu, m_s, \mu'; \alpha, \beta, j, \nu) P_k^{(\mu + \mu')}(\cos \theta) (P_{\alpha}^{(1)} P_{\beta}^{(2)} + P_{\alpha'}^{(1)} P_{\beta'}^{(2)}) \times \begin{cases} \cos(\mu + \mu')\varphi \operatorname{Re}(R_j R_{\nu}^*), & \text{если } k_s + m_s \text{ четно} \\ \sin(\mu + \mu')\varphi \operatorname{Im}(R_j R_{\nu}^*), & \text{если } k_s + m_s \text{ нечетно} \end{cases} \quad (3)$$

Коэффициенты  $B$  и  $B'$  отличаются множителем

$$B' = (-1)^{\frac{\mu + \mu' + |\mu| + |\mu'|}{2}} \cdot g(k_s, \mu; \alpha) g(m_s, \mu'; \beta) \cdot B, \quad (4)$$

где  $g(k_s, \mu; \alpha)$  — коэффициенты перехода от сферического к декартовому представлению тензора поляризации. Так, например,

$$g(2, 2; xx - yy) = 1/2\sqrt{3},$$

Сложность угловых распределений возрастает при увеличении числа входящих в них гармоник. Это число связано с максимальным орбитальным моментом  $l_{\max}$  во входном канале ядерной реакции.

## 1.2. Возможности программы

Программа **CORPOL** предназначена для параметризации угловых распределений бинарных ядерных реакций типа (I), в одном из каналов которых (входном или выходном) участвуют поляризованные частицы. Их спин не должен превышать 3/2, в противном случае они рассматриваются как неполяризованные.

Пользователь не должен задавать все матричные элементы  $R_j = \langle l'_{j_s} j'_{j_s} | R | l_{j_s} j_{j_s} \rangle$ , по которым производится параметризация, ему необходимо лишь задать величину максимального орбитального момента во входном канале  $l_{\max}$  и указать, в каком канале (входном или выходном) частицы поляризованы. Список соответствующих матричных элементов с  $l \leq l_{\max}$  составляется на первом этапе работы программы. Каждому матричному элементу этого списка присваивается порядковый номер  $j$ , и дальнейшие вычисления проводятся для каждой пары матричных элементов  $R_j R_{j'}^*$  в порядке возрастания порядковых номеров.

Прерывание по недостатку времени вычисления могут быть продолжены при следующем обращении к ЭВМ, при этом пользователь указывает порядковые номера пары  $R_j R_{j'}^*$ , с которой вычисления должны быть продолжены.

По желанию пользователя могут быть выведены либо коэффициенты  $B$  (формула (2) в сферическом представлении), либо коэффициенты  $B'$  (формула (3) в декартовом представлении). В последнем случае выводится в буквенном виде множитель  $(P_{\alpha}^{(1)} P_{\beta}^{(2)} + P_{\alpha'}^{(1)} P_{\beta'}^{(2)})$  с указанием конкретных индексов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\alpha'$  и  $\beta'$ .

Что касается самих коэффициентов  $B$  или  $B'$ , то при выводе результатов они выражаются двумя способами: в обычном, десятичном виде и в алгебраическом, в виде корня квадратного из степеней простых чисел. Последний способ записи применяется, например, в справочной литературе [4]. Такая запись удобна для дальнейших вычислений с коэффициентами  $B$  (или  $B'$ ), в частности для определения соотношений между ними.

### 1.3. Метод решения

Решение задачи состоит в вычислении всех необходимых для параметризации коэффициентов  $B$ , которые по известной формуле из работы Зайлера и Баумгартнера [3] выражаются через коэффициенты векторного сложения, коэффициенты Рака и X-коэффициенты:

$$B(k, k_s, x, m_s, \mu; j, v) = q(j, v) (-1)^{l_j + k - J_v + s_j} \cdot \hat{i}_s \hat{i}_1 \hat{s}_j \hat{s}_v \hat{J}_j^2 \hat{J}_v^2 \hat{l}_j \hat{l}_v \hat{l}'_j \hat{l}'_v \langle l_j 0 l'_v 0 | k 0 \rangle \times \\ \times \delta_{s_j s_v} W(J_v l'_v J_j l'_j; s_j k) \hat{k}_s \hat{m}_s \sqrt{\frac{(k - |x + \mu|)!}{(k + |x + \mu|)!}} \cdot (-1)^{k_s + m_s + (|x + \mu| + x + \mu)/2} \cdot (2 - \delta_{0x} \delta_{0\mu}) \times \\ \times \sum_{\substack{t = \max(s_j - s_v, k_s - m_s) \\ |k_s - m_s|}}^{\min(s_j + s_v, k_s + m_s)} \hat{t} \sum_{\substack{k_e \leq l_j 0 l'_v 0 | k 0 \\ k_e 0 t x + \mu | k x + \mu}} \hat{k}_e \langle l_j 0 l'_v 0 | k 0 \rangle \times \begin{pmatrix} i_1 & i_2 & s_j \\ k_s & m_s & t \\ i_1 & i_2 & s_v \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l_j & s_j & J_j \\ l'_v & s_v & J_v \end{pmatrix} \quad (5)$$

где  $\hat{a} = \sqrt{2a + 1}$ ;

$$q(j, v) = \begin{cases} 2, & \text{если } j < v; \\ 1, & \text{если } j = v; \\ 0, & \text{если } j > v; \end{cases}$$

$$k = |l_j - l'_v|, \dots, l_j + l'_v - 1, l_j + l'_v;$$

$$k_s = 0, 1, \dots, \min(2i_1, 3);$$

$$m_s = 0, 1, \dots, \min(2i_2, 3);$$

$$x = 0, 1, \dots, k_s - 1, k_s;$$

$$\mu = \begin{cases} 0, 1, \dots, m_s, & \text{если } x = 0, \\ -m_s, \dots, -1, 0, 1, \dots, m_s, & \text{если } x \neq 0. \end{cases}$$

Коэффициенты  $B'$  вычисляются по формулам (4) и (5).

### 2. СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

Для работы основной программы CORPOL необходимы подпрограммы, которые по своему назначению делятся на две группы. К первой группе относятся подпрограммы, позволяющие менять форму записи чисел. К ним относятся:

SMPLFC - подпрограмма, выражающая целое число  $N$  в виде произведения положительных степеней  $\{n_j\}$  простых чисел:

$$N = n_1 \cdot 2^{n_2} \cdot 3^{n_3} \cdot 5^{n_4} \cdot \dots \cdot 29^{n_{11}}, \quad (6)$$

где  $n_i = \pm 1$  в зависимости от знака  $N$ ;

INTER - подпрограмма - функция, обратная SMPLFC;

CELTIC - подпрограмма - функция, позволяющая определять десятичный вид числа по его алгебраическому виду

$$a = \frac{n_1}{\sqrt{|n_1 \cdot n_{12}|}} \cdot e^{0,5 \cdot (2 \ln n_2 + 3 \ln n_3 + \dots + 29 \ln n_{11})} \quad (7)$$

Ко второй группе относятся подпрограммы для вычисления вспомогательных коэффициентов, связанных со сложением моментов. К ним относятся:

VSS - подпрограмма для проверки трех чисел  $i, j, k$  на "правило треугольника";

DELTA - подпрограмма - функция для вычисления величины

$$\Delta(i, j, k) = \left( \frac{(i+j-k)! (j+k-i)! (i+k-j)!}{(i+j+k+1)!} \right),$$

CLEGOR - подпрограмма для вычисления коэффициентов векторного сложения  $\langle i m_j m_j | k m_k \rangle$

RACAN - подпрограмма для вычисления коэффициентов Рака  $W(abcd; ef)$ ,

FANQ - подпрограмма для вычисления X-коэффициентов

$$X \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{pmatrix}.$$

### 3. ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вводятся четыре перфокарты с данными:

1) Первая карта должна иметь формат (5I 10) и содержать пять целых чисел, первые четыре из которых  $\pi_1, 2i_1, \pi_2, 2i_2, \pi_3, 2i_3, \pi_4, 2i_4$  определяются спинами  $i$  и четностями  $\pi$  ядерных частиц, участвующих в ядерной реакции, пятое число N12 отлично от нуля в случае идентичности ядерных частиц 1 и 2.

2) Вторая карта должна иметь формат (4I 10) и содержать четыре целых числа, первое из них N34 отлично от нуля в случае идентичности частиц 3 и 4, второе LMAX равно удвоенному максимальному орбитальному моменту частиц 1 и 2. Если  $LMAX < 0$ , то будет решена задача об обратной реакции  $i_3 + i_4 \rightarrow i_1 + i_2$ , причем будут параметризованы  $\sigma_0(\theta) P_\alpha^{(1)}(\theta, \varphi)$ ,  $\sigma_0(\theta) P_\beta^{(2)}(\theta, \varphi)$  и  $\sigma_0(\theta) C^{\alpha, \beta}(\theta, \varphi)$ . Следующие два числа IN и JN определяют начальные номера интерферирующих матричных элементов ( $IN \leq JN$ ) и используются в случае решения задачи по частям для фиксации начала решения задачи при повторном обращении к ЭВМ. В начале вычисления  $IN = JN = 1$ .

3) Третья перфокарта содержит текст, записанный по формату (10 A 6), в котором указывается конкретная ядерная реакция.

4) Четвертая перфокарта (10X, I 10) содержит целое число, равное нулю, в случае выводов коэффициентов  $B$  (сферическое представление) и отличное от нуля в случае вывода величины  $B'$  и  $P_\alpha^{(1)} P_\beta^{(2)} + P_{\alpha\beta}^{(1)} P_{\alpha'\beta'}$  в буквенном виде (декартово представление).

### 4. ВЫХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Сначала печатается заголовок, в котором содержится название программы CORPOL, указываются спины и четности участвующих в ядерной реакции частиц и приводится пример конкретной реакции, записанный в третьей перфокарте ввода данных.

Затем выводится пронумерованный список матричных элементов, характеризующих данную реакцию.

На следующем этапе составляются парные комбинации  $(j, \nu)$  матричных элементов и для каждой пары выводятся отличные от нуля значения  $B(k, k_s, \alpha, m_s, \mu; j, \nu)$  или  $B'(k, k_s, \alpha, m_s, \mu; \alpha', \beta'; j, \nu)$ . При этом в каждой строчке печатаются следующие величины:  $j, \nu$ , индексы  $k_s, \alpha, m_s, \mu$ , латинская буква, характеризующая тип поляризацонной характеристики ядерной реакции ( $B$  - для эффективного сечения,  $C$  - векторной аналитической способности,  $D$  - для тензорных анализирующих способностей и т.п.). Затем в строке идут  $k$  и  $\nu = |\alpha + \mu|$  - нижний и верхний индексы присоединенного полинома

Легандра  $P_k^{(\nu)}(\cos \theta)$  из (2) или из (3), а также десятичное число, равное  $B$  (или  $B'$ ), и двенадцать целых чисел, которые, согласно (?), составляют алгебраическую запись  $B$  (или  $B'$ ). В случае декартового представления строку замыкает буквенная запись

$R_{\alpha}^{(1)} R_{\beta}^{(2)} + R_{\alpha'}^{(1)} R_{\beta'}^{(2)}$  с указанием конкретных индексов  $\alpha, \beta, \alpha'$  и  $\beta'$  и значения  $R_{\alpha}^{(1)} R_{\beta}^{(2)} = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 4$ . На запись координатного индекса отводится всего три буквенных знака, поэтому перед началом вывода коэффициентов  $B'$  печатается список сокращений  $TT = XX - YY, SYX = YYY - 3 + YXX + (7/2) \cdot Y$  и т.д.

## 5. ОГРАНИЧЕНИЯ

Программа рассчитана на спины ядерных частиц 1 и 2, не превышающие 3/2. В выходном канале допускаются любые значения спинов ядерных частиц 3 и 4, не превышающие 10. В случае, если спин одной из частиц 1 или 2 больше 3/2, она считается неполяризованной и вычисляются лишь коэффициенты  $B$  (или  $B'$ ), относящиеся к эффективному сечению и к анализирующей способности для частицы со спином  $\leq 3/2$ . В случае, если обе частицы 1 и 2 имеют спины, превышающие 3/2, выводятся коэффициенты  $B$  (или  $B'$ ), относящиеся лишь к эффективному сечению. Для расчета подавляющего большинства ядерных реакций достаточны значения спинов 0, 1/2, 1, 3/2.

Список матричных элементов, по которым проводится параметризация, не должен содержать более 200 элементов. Для большинства ядерных реакций этого более чем достаточно, даже если все четыре участвующие в бинарной ядерной реакции частицы имеют спин 3/2, то при  $l_{\max} = 2$  в списке будет 177 матричных элементов, для реакций с меньшими спинами можно повышать. Так для реакций типа  $1 + 1 \rightarrow 1/2 + 1/2$  список матричных элементов может дойти до  $l_{\max} = 11$ , это же значение орбитального момента является предельно допустимым для CORPOL в представляемом варианте.

Отказ проводить вычисления с большими значениями исходных параметров (главным образом,  $l_{\max}$ ) происходит, как правило, в одной из внутренних подпрограмм FANQ, CLEGOR, RASAN. Отказ фиксируется выводом вместо значения  $B$  (или  $B'$ ) слова UNCOMPUTABLE и номера выхода из подпрограммы, большего 100. По этому номеру определяется, в какой подпрограмме и по какой причине произошел отказ. В ряде случаев, когда в программе не получается алгебраическая запись  $B$  (или  $B'$ ), выводится лишь одно десятичное число.

## 6. СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ ПРОГРАММАМИ

В литературе известны аналогичные программы TENM0 и FATS0 [5]. Представляемая программа CORPOL отличается от них прежде всего дополнительным представлением результатов в виде степеней простых сомножителей, что хотя и замедляет ее работу, но зато позволяет находить линейные соотношения между коэффициентами  $B$  (или  $B'$ ), т.е. анализировать угловые распределения.

CORPOL имеет преимущество перед двумя указанными программами в том, что позволяет получать результаты в декартовом и сферическом представлениях, а TENM0 и FATS0 только в сферическом.

К недостаткам представляемой программы следует отнести невозможность параметризации угловых распределений при передаче поляризации от входного канала к выходному.

Отличается и система вывода результатов. В FATS0, например, для каждой запрошенной пользователем физической наблюдаемой (сечения, конкретной анализирующей способности и т.п.) выводится серия косинусных матриц размера 10x10 со значениями  $B$ . При значительном числе матричных элементов эта система становится громоздкой и неудобной, а кроме того и неэкономной, ибо содержит много нулей.

В FATS0 пользователь сам задает характеристики участвующих в параметризации матричных элементов, в CORPOL'e это делается в самой программе. Другим удобством представленной программы является сохранение при выводе информации привычной записи целых и полуцелых значений угловых моментов 0, 1/2, 1, 3/2 и т.д. вместо 0/2, 1/2, 2/2, 3/2 в FATS0.



## 7. ТЕСТОВАЯ ЗАДАЧА

Первая перфокарта:  $I1=2, I2=1, I3=1, I4=0, N12=0$ .

Вторая перфокарта:  $N34=0, LMAX=4, IN=1, JN=1$ .

Третья перфокарта:  $TITLE = X6, \text{ или } 3HE-(D,P)-4HE \text{ или } 6X6$ .

Четвертая перфокарта:  $ITN=0$ .

Полученные значения  $B$  в  $4 \cdot (2i_1 + 1) \cdot (2i_2 + 1) = 24$  раза больше приведенных в [4]. Процессорное время, затраченное на тестовую задачу, - 1,4 мин.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

1. Polarization phenomena in nuclear reactions. Proc. of the Third Int. Symp., Madison, 1970, Univ. of Wisconsin Press, Madison, 1971, p. IXIX.
2. Devons S., Goldfarb L.I.B. - Handbuch d.Phys., 1967, v. 42, p. 362.
3. Sailer F., Baumgartner E. - Nucl. Phys., 1970, v. A153, p. 193.
4. Бадлин А.М., Гольданский В.И., Максименко В.М., Розенталь И.Л. Кинематика ядерных реакций. Атомиздат, 1968.
5. Sailer F. - Computer Physics communications, 1974, v. 6, p. 229.

## 9. ПРИМЕР ТЕСТОВОЙ ЗАДАЧИ

THIS IS CORPOL NO.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРИ МАТРИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ РЕАКЦИИ ТИПА

$$1 + 1/2 = 1/2 + 0$$

3HE ( C, P ) 4HE

NO.	СПИСОК МАТРИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ				
	( I L	S I	J I	L S	)
1	0	1/2	1/2	0	1/2
2	2	1/2	3/2	0	3/2
3	1	1/2	1/2	-1	1/2
4	1	1/2	3/2	-1	1/2
5	1	1/2	1/2	-1	3/2
6	1	1/2	3/2	-1	3/2
7	3	1/2	5/2	-1	3/2
8	2	1/2	3/2	2	1/2
9	2	1/2	5/2	2	1/2
10	0	1/2	1/2	2	3/2
11	2	1/2	3/2	2	3/2
12	2	1/2	5/2	2	3/2
13	4	1/2	7/2	2	3/2

THIS IS CORPOL NO.

R1.R2.	K5	KP	MS	MU	K	NU	КОЭФИЦИЕНТ	ЕГО ПРЕДСТАВЛЕНИЕ
1 1	0 0	0 0	B	0 0			2.000000000	1 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 1	1 0	1 0	F	0 0			-1.632993102	-1 3 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 1	1 1	1-1	C	0 0			3.265986324	1 5 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	1 0	1 0	F	2 0			3.265986324	1 5 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	1 0	1 1	F'	2 1			-2.309401077	-1 4 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	1 1	1-1	C	2 0			3.265986324	1 5 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	1 1	1 0	F	2 1			-2.309401077	-1 4 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	1 1	1 1	C	2 2			1.632993102	1 3 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	2 0	0 0	D	2 0			-5.656854249	-1 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	2 1	0 0	D	2 1			4.618802154	1 6 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	2 2	0 0	D	2 2			-2.309401077	-1 4 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	2 0	1 1	S	2 1			4.000000000	1 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	2 1	1-1	N'	2 0			9.797958971	1 5 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	2 1	1 0	L'	2 1			-2.309401077	-1 4 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	2 1	1 1	N'	2 2			-1.632993102	-1 3 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	2 2	1-1	N'	2 1			-3.265986324	-1 5 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 2	2 2	1 0	L'	2 2			2.309401077	1 4 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 3	0 0	0 0	B	1 0			4.000000000	1 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 3	0 0	1 1	C'	1 1			-1.885618003	-1 5 -2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 3	1 1	0 0	C	1 1			4.618802154	1 6 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 3	1 0	1 0	F	1 0			-3.265986324	-1 5 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 3	1 1	1-1	C	1 0			6.531972647	1 7 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 3	2 0	1 1	S	1 1			2.666666667	1 6 -2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 3	2 1	1 0	L'	1 1			-4.618802154	-1 6 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 3	2 2	1-1	N'	1 1			6.531972647	1 7 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 4	0 0	0 0	B	1 0			8.000000000	1 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 4	0 0	1 1	C'	1 1			1.885618003	1 5 -2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 4	1 1	0 0	C	1 1			-4.618802154	-1 6 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 4	1 0	1 0	F	1 0			-6.531972647	-1 7 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 4	1 1	1-1	C	1 0			13.063945295	1 9 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1

1	4	2	0	1	1	S	1	1	-2.666666667	-1	6	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	4	2	1	1	0	L'	1	1	4.616862154	1	6	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	4	2	2	1	-1	N'	1	1	-6.531972647	-1	7	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	5	0	0	1	1	C'	1	1	2.666666667	1	6	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	5	1	1	0	0	C	1	1	-1.632993162	-1	3	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	5	1	0	1	0	F	1	0	-2.309401077	-1	4	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	5	1	1	1	-1	C	1	0	-2.309401077	-1	4	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	5	1	1	1	0	F	1	1	4.898979486	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	5	2	0	0	0	D	1	0	4.006000000	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	5	2	1	0	0	D	1	1	-4.898979486	-1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	5	2	0	1	1	S	1	1	-3.771236166	-1	7	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	5	2	1	1	-1	N'	1	0	-6.926203230	-1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	5	2	1	1	0	L'	1	1	1.632993162	1	3	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	5	2	2	1	-1	N'	1	1	4.616862154	1	6	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	6	0	0	1	1	C'	1	1	8.432740427	1	7	-2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	6	1	1	0	0	C	1	1	-5.163977795	-1	4	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	6	1	0	1	0	F	1	0	1.466593467	1	5	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
1	6	1	0	1	1	F'	1	1	-9.295160031	-1	4	3	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	6	1	1	1	-1	C	1	0	1.466593467	1	5	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	6	1	1	1	0	F	1	1	6.196773354	1	6	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	6	2	0	0	0	D	1	0	-2.529622128	-1	5	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	6	2	1	0	0	D	1	1	3.096386677	1	4	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	6	2	0	1	1	S	1	1	4.173993556	1	4	-2	-1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	6	2	1	1	-1	N'	1	0	4.381780460	1	5	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	6	2	1	1	0	L'	1	1	-4.131182236	-1	2	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	6	2	2	1	-1	N'	1	1	1.466593467	1	5	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	7	1	0	1	0	F	3	0	3.366563146	1	4	2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	7	1	0	1	1	F'	3	1	-2.529622128	-1	5	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	7	1	1	1	-1	C	3	0	3.366563146	1	4	2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	7	1	1	1	0	F	3	1	-2.529622128	-1	5	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	7	1	1	1	1	C	3	2	0.894427191	1	2	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	7	2	0	0	0	D	3	0	-9.295160031	-1	4	3	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	7	2	1	0	0	D	3	1	3.035664236	1	7	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Редактор Л.И.Киркина

Технический редактор Е.Д.Марнова

Т-09924. 19.05.78 г. формат 60x90/8.Уч.-изд.л.0,9  
Тираж 138. Заказ 569. Цена 9 коп. ИАЭ

9 коп.