

Р-95

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

11 - 3458



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

Т.В. Рыльцева, Л.А. Тихонова

ПРОГРАММА АНАЛИЗА МНОГОЧАСТИЧНЫХ  
СОСТОЯНИЙ

1967.

11 - 3458

5332/2 нр.

Т.В. Рыльцева, Л.А. Тихонова

ПРОГРАММА АНАЛИЗА МНОГОЧАСТИЧНЫХ  
СОСТОЯНИЙ



Настоящая программа предназначена для вычисления некоторых кинематических характеристик частиц и резонансов в реакциях, содержащих в конечном состоянии не более пяти частиц.

Согласно Селлери и Феррари<sup>/2/</sup>, любую кинематическую величину в реакции вида:

$$P_1 + P_2 \rightarrow q_1 + q_2 + \dots + q_n \quad (1)$$

можно выразить с помощью инвариантов

$$W^2 = -(P_1 + P_2)^2 \quad (2)$$

$$M_{jk}^2 = -(q_j + q_k)^2 \quad (3)$$

$$T_{1j}^2 = (q_j - P_1)^2 \quad (4)$$

$$T_{2j}^2 = (q_j - P_2)^2 \quad (5)$$

где  $P_j$ ;  $q_j$  - четырехмерные импульсы частиц;

$W^2$  - квадрат полной энергии в общей системе покоя ( $P_1 + P_2$ ),

$M_{jk}^2$  - квадрат полной энергии (эффективная масса) в системе покоя ( $q_j + q_k$ );

$T_{1j}^2$ ;  $T_{2j}^2$  - квадраты четырехмерных импульсов, переданных от первичных частиц вторичным.

Инварианты (2) - (5) использовались во всех дальнейших расчетах.

Блок-схема программы представлена на рис. 1.

### § 1. Ввод и подготовка к счету числового материала

Исходным материалом для настоящей программы служат события, обчисленные по кинематической программе 10-10<sup>1/1</sup> и разделенные по определенным каналам реакций (анализ событий, не разделенных в программе 10-10, описан в § 7).

Предусмотрены 2 типа ввода: с перфокарт и с магнитной ленты. При работе с перфокартами программы 10-10 необходимо предварительно подготовить дополнительную перфокарту, где размещается следующая информация:

- 1)  $C_1$
  - 2) № пл. № к. № зоны
  - 3)  $X_0$
  - 4)  $Y_0$
  - 5)  $Z_0$
  - 6)  $M^2_{\text{нед.}}$
  - 7)  $\Delta(M^2_{\text{нед.}})$
  - 8)  $K\Sigma$
- } координаты точки взаимодействия
- } квадрат недостающей массы и его ошибка

Константа  $C_1$  означает число гипотез, равное единице, выраженной в двоично-восьмеричной системе записи. После ввода отдельного события в программе рассчитываются полные энергии ( $E_i$ ) и импульсы ( $p_i$ ) каждой частицы в лабораторной системе координат, расположенные в следующем порядке:

$$\begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} E_0 \\ p_0 \end{array} \right\} - \text{нуклон мишени} \\ \left. \begin{array}{l} E_1 \\ p_1 \end{array} \right\} - \text{падающая частица} \\ \left. \begin{array}{l} E_j \\ p_j \end{array} \right\} - \text{вторичные частицы} \end{array}$$

где

$$2 \leq j \leq 6.$$

Массы  $M_1$  всех частиц выбираются из таблицы 1 программы 10-10, приведенной на стр. 25.

## § 2. Анализ частиц в общей системе центра

В общей системе центра ( $W$ ) вычисляются следующие величины <sup>/2/</sup>:

а) полная энергия системы центра

$$W = (M_0^2 + M_1^2 + 2M_0 \sqrt{M_1^2 + p_1^2})^{1/2}, \quad (6)$$

б) полные энергии и трехмерные импульсы падающей и всех вторичных частиц:

$$E_1^W = \frac{1}{2W} [W^2 + M_1^2 - M_0^2] \quad (7)$$

$$p_1^W = \sqrt{(E_1^W)^2 - M_1^2} \quad (8)$$

$$E_j^W = \frac{1}{W} [M_0 E_j + E_1 E_j - p_1 p_j (\ell_1 \ell_j + m_1 m_j + n_1 n_j)] \quad (9)$$

$$p_j^W = \sqrt{(E_j^W)^2 - M_j^2}, \quad (10)$$

где  $\ell_j, m_j, n_j$  - направляющие косинусы  $j$ -ой частицы в лабораторной системе координат.

в) Квадраты четырехмерных импульсов, переданных от падающей частицы каждой вторичной частице  $j$ ;

$$T_{1j}^2 = -(M_1^2 + M_j^2) + 2 [E_1 E_j - p_1 p_j (\ell_1 \ell_j + m_1 m_j + n_1 n_j)]. \quad (11)$$

г) Полярный ( $\theta$ ) и азимутальный углы ( $\Psi$ ) всех вторичных частиц <sup>/2,7/</sup>:

$$\cos \theta_{1j}^W = - \frac{1}{2p_1^W p_j^W} [T_{1j}^2 + M_1^2 + M_j^2 - 2E_1^W E_j^W] \quad (12)$$

$$\cos \Psi_{1j}^w = \frac{1}{\sin \alpha_j} \left( \frac{\ell_j m_1 - m_j \ell_1}{\sqrt{1 - n_1^2}} \right) \quad (13)$$

$$\sin \Psi_{1j}^w = \frac{1}{\sin \alpha_j} \left[ - \frac{n_1}{\sqrt{1 - n_1^2}} (\ell_1 \ell_j + m_1 m_j) + n_1 \sqrt{1 - n_1^2} \right], \quad (14)$$

где  $\alpha_j$  - угол между падающей и  $j$ -ой частицами в лабораторной системе координат.

Азимутальный угол  $\Psi_{1j}^w$  отсчитывается от плоскости, которая проходит через вектор импульса падающей частицы  $p_1$  и перпендикуляр к плоскости  $\{p_1 \times Z\}$ , где  $Z$  - ось  $Z$  в лабораторной системе координат. Угол  $\Psi_{1j}^w$  изменяется в пределах от 0 до  $2\pi$ ; угол  $\theta_{1j}$  - от 0 до  $\pi$ .

### § 3. Анализ двухчастичных комбинаций

Если введенное в программу событие содержит более двух вторичных частиц, то для каждой двухчастичной комбинации  $(jk)$  проводится следующий анализ. Определяются значения:

а) эффективной массы

$$M_{jk} = \{ M_j^2 + M_k^2 + 2 [ E_j E_k - p_j p_k (\ell_j \ell_k + m_j m_k + n_j n_k) ] \}^{1/2}, \quad (15)$$

где индексы  $j$  и  $k$  проходят последовательно значения  $j, k = 2, 3 \dots n$ , но всегда  $j < k$ ;

б) квадратов четырехмерных импульсов, переданных от первичных частиц "0" и "1" - комбинации частиц  $(jk)$ :

$$T_{0M_{jk}}^2 = -(M_0^2 + M_{jk}^2) + 2 M_0 (M_{jk}^2 + p_{jk}^2)^{1/2} \quad (16)$$

$$T_{1M_{jk}}^2 = -(M_1^2 + M_{jk}^2) + 2 [ E_1 E_{jk} - p_1 p_{jk} (\ell_1 \ell_{jk} + m_1 m_{jk} + n_1 n_{jk}) ], \quad (17)$$

где

$$\ell_{jk} = \frac{p_j \ell_j + p_k \ell_k}{p_{jk}} = \frac{p_{jk}^x}{p_{jk}} \quad (19)$$

$$m_{jk} = \frac{p_j m_j + p_k m_k}{p_{jk}} = \frac{p_{jk}^y}{p_{jk}}$$

$$n_{jk} = \frac{p_j n_j + p_k n_k}{p_{jk}} = \frac{p_{jk}^z}{p_{jk}} \quad (20)$$

$$p_{jk} = [(p_{jk}^x)^2 + (p_{jk}^y)^2 + (p_{jk}^z)^2]^{1/2}$$

$$E_{jk} = (p_{jk}^2 + M_{jk}^2)^{1/2} \quad (21)$$

Здесь  $\ell_{jk}$ ,  $m_{jk}$ ,  $n_{jk}$  — направляющие косинусы комбинации  $(jk)$  в лабораторной системе координат;  $p_{jk}$ ,  $E_{jk}$  — импульс и полная энергия комбинации  $(jk)$  в лаб. системе.

Затем осуществляется переход в систему покоя комбинации  $(jk)$ , где вычисляются полные энергии и импульсы первичных частиц и  $j$ -ой частицы из набора  $(jk)$ <sup>1/2</sup>:

$$E_0^{jk} = \frac{1}{2M_{jk}} (M_{jk}^2 + M_0^2 + T_{0M_{jk}}^2) \quad (22)$$

$$p_0^{jk} = [ (E_0^{jk})^2 - M_0^2 ]^{1/2} \quad (23)$$

$$E_1^{jk} = \frac{1}{2 M_{jk}} ( M_{jk}^2 + M_1^2 + T_{1M_{jk}}^2 ) \quad (24)$$

$$p_1^{jk} = [ (E_1^{jk})^2 - M_1^2 ]^{1/2} \quad (25)$$

$$E_j^{jk} = \frac{1}{2 M_{jk}} [ M_{jk}^2 + M_j^2 - M_k^2 ] \quad (26)$$

$$p_j^{jk} = [ (E_j^{jk})^2 - M_j^2 ]^{1/2} \quad (27)$$

Для расчета углов в системе покоя  $\{jk\}$  принята следующая система координат<sup>/4/</sup>. За ось  $Z$  принимается направление импульса падающей частицы в системе  $\{jk\}$ , за ось  $Y$  — перпендикуляр к плоскости рождения, т.е. к плоскости, в которой лежат векторы импульсов первичных частиц; ось  $X$  перпендикулярна осям  $Y$  и  $Z$ , притом так, чтобы образовалась правая система координат.

Оси этой системы координат имеют следующие направляющие косинусы в лабораторной системе координат:

ось  $Z$  ( $k_x, k_y, k_z$ )

$$\begin{aligned} k_x &= \frac{p_1^{jk} \cdot 1_x}{p_1^{jk}} \\ k_y &= \frac{p_1^{jk} \cdot 1_y}{p_1^{jk}} \\ k_z &= \frac{p_1^{jk} \cdot 1_z}{p_1^{jk}} \end{aligned} \quad (28)$$



ось  $Y(j_x, j_y, j_z)$

$$j_x = \frac{A_1}{B} = \frac{p_{0y}^{jk} p_{1z}^{jk} - p_{1y}^{jk} p_{0z}^{jk}}{B}$$

$$j_y = \frac{A_2}{B} = \frac{p_{0z}^{jk} p_{1x}^{jk} - p_{1z}^{jk} p_{0x}^{jk}}{B} \quad (29)$$

$$j_z = \frac{A_3}{B} = \frac{p_{1y}^{jk} p_{0x}^{jk} - p_{1x}^{jk} p_{0y}^{jk}}{B}$$

где

$$B = [A_1^2 + A_2^2 + A_3^2]^{1/2} \quad (30)$$

ось  $X(i_x, i_y, i_z)$

$$i_x = j_y k_z - j_z k_y \quad (31)$$

$$i_y = j_z k_x - j_x k_z$$

$$i_z = j_x k_y - j_y k_x$$

Здесь  $p_{1x}^{jk}$ ,  $p_{1y}^{jk}$ ,  $p_{1z}^{jk}$  - проекция импульса  $p_1^{jk}$  на оси координат в лабораторной системе.

Для комбинаций  $\{jk\}$ , где частица  $j$  - нуклон. За ось  $Z$  принимается направление нуклона мишени в системе покоя  $\{jk\}$ , т.е. частицы "0" и "1" меняются местами.

В принятой таким образом системе координат рассчитываются углы между  $j$ -ой частицей из комбинации  $\{jk\}$  и всеми осями.

$$\cos \theta_{jz} = l'_j k_x + m'_j k_y + n'_j k_z \quad (32)$$

$$\sin \theta_{jz} = (1 - \cos^2 \theta_{jz})^{1/2} \quad (32a)$$

$$\cos \theta_{jY} = l'_{jx} + m'_{jY} + n'_{jz} \quad (33)$$

$$\cos \theta_{jx} = l'_{jx} + m'_{jY} + n'_{jz} \quad (34)$$

а также азимутальный угол  $\phi_{jk}$  между плоскостью XZ и плоскостью, где лежат ось "Z" и вектор импульса j-ой частицы:

$$\text{г) } \cos \phi_{jk} = \frac{\cos \theta_{jx}}{\sin \theta_{jz}} \quad (35)$$

$$\text{д) } \sin \phi_{jk} = \frac{\cos \theta_{jY}}{\sin \theta_{jz}} \quad (36)$$

угол  $\phi_{jk}$  меняется в пределах от 0 до  $2\pi$ , углы (32)–(34) – от 0 до  $\pi$ .

Величины  $l'_j$ ,  $m'_j$ ,  $n'_j$  – направляющие косинусы "j"-ой частицы в системе "jk", определяемые по формулам:

$$l'_j = \frac{1}{p_j} (p_j l_{jk} - p_{jk} l_{jk} \frac{E_j^{jk} + E_j}{M_{jk} + E_{jk}}) \quad (37)$$

$$m'_j = \frac{1}{p_j} (p_j m_{jk} - p_{jk} m_{jk} \frac{E_j^{jk} + E_j}{M_{jk} + E_{jk}}) \quad (38)$$

$$n'_j = \frac{1}{p_j} (p_j n_{jk} - p_{jk} n_{jk} \frac{E_j^{jk} + E_j}{M_{jk} + E_{jk}}). \quad (39)$$

В программе вычисляются некоторые функции углов  $\theta_{jz}$  и  $\phi_{jk}$ , а именно:

$$f_1 = \cos^2 \theta \quad (40)$$

$$f_2 = \sin^2 \theta \cos 2\phi \quad (41)$$

$$f_s = \sin 2\theta \cos \phi \quad (42)$$

здесь

$$\theta = \theta_{jz}; \quad \phi = \phi_{jk}.$$

Функции (40)–(42) нужны, например, при определении элементов спиновой матрицы плотности<sup>/4,5/</sup> при изучении механизма рождения резонансов.

Для каждой двухчастичной комбинации (jk) в общей системе центра W считаются:

а) полная энергия и импульс:

$$E_{jk}^W \approx \frac{1}{W} [ M_0 E_{jk} + E_1 E_{jk} - p_1 p_{jk} (\ell_1 \ell_{jk} + m_1 m_{jk} + n_1 n_{jk}) ] \quad (43)$$

$$p_{jk}^W = [ (E_{jk}^W)^2 - M_{jk}^2 ]^{1/2}, \quad (44)$$

б) полярный и азимутальный углы, определенные в § 1:

$$\cos \theta_{1M_{jk}}^W = - \frac{1}{2 p_1^W p_{jk}^W} [ T_{1M_{jk}}^2 + M_1^2 + M_{jk}^2 - 2 E_1^W E_{jk}^W ] \quad (45)$$

$$\cos \Psi_{jk}^W = \frac{1}{\sin \alpha_{jk}} \left( \frac{\ell_{jk} m_1 - m_{jk} \ell_1}{\sqrt{1 - n_1^2}} \right) \quad (46)$$

$$\sin \Psi_{jk}^W = \frac{1}{\sin \alpha_{jk}} \left[ - \frac{n_1}{\sqrt{1 - n_1^2}} (\ell_j \ell_{jk} + m_j m_{jk}) + n_{jk} \sqrt{1 - n_1^2} \right], \quad (47)$$

где  $\alpha_{jk}$  – угол, который в лабораторной системе координат образуют вектор падающей частицы  $p_1$  и суммарный вектор  $p_{jk} = p_j + p_k$ ,

в) угол между вектором  $p_{jk}^W$  и вектором  $p_j^W$  /3/:

$$\cos \beta' = \cos \theta_{1M_{jk}}^W \cos \theta_{1j}^W + \sin \theta_{1M_{jk}}^W \sin \theta_{1j}^W \cos (\Psi_{jk}^W - \Psi_j^W), \quad (48)$$

где

$$\sin \theta_{1M_{jk}}^W = (1 - \cos^2 \theta_{1M_{jk}}^W)^{1/2} \quad (49)$$

$$\sin \theta_{1j}^W = (1 - \cos^2 \theta_{1j}^W)^{1/2} \quad (50)$$

$$\cos (\Psi_{jk}^W - \Psi_j^W) = \cos \Psi_{jk}^W \cos \Psi_j^W + \sin \Psi_{jk}^W \sin \Psi_j^W \quad (51)$$

Затем угол  $\beta'$  переводится в угол  $\beta$  в системе покоя "jk" с помощью преобразования Лоренца<sup>/5/</sup>:

$$\cos \beta = \frac{1}{\gamma p_j^{jk}} (p_j^W \cos \beta' - \gamma \beta E_j^{jk}) \quad (52)$$

$$\gamma = \frac{E_{jk}^W}{M_{jk}} \quad (53)$$

$$\gamma \beta = \frac{p_{jk}^W}{M_{jk}} \quad (54)$$

Если в рассматриваемом событии содержится четыре вторичных частицы  $j$ ,  $k$ ,  $s$ ,  $f$ , то в общей системе центра  $W$  вычисляется угол между нормальными  $n_{jk}$  и  $n_{sf}$  к плоскостям, в которых лежат соответственно пары векторов  $p_j^W$ ,  $p_k^W$ , и  $p_s^W$ ;  $p_f^W$ :

$$\cos \xi = \frac{[p_j^W \times p_k^W] \cdot [p_s^W \times p_f^W]}{|[p_j^W \times p_k^W]| \cdot |[p_s^W \times p_f^W]|} \quad (55)$$

#### § 4. Анализ трехчастичных комбинаций

Для любой трехчастичной комбинации "jks" определяются:

а) эффективная масса

$$M_{jks} = (M_{jk}^2 + M_{js}^2 + M_{ks}^2 - M_j^2 - M_k^2 - M_s^2)^{1/2}, \quad (56)$$

где  $M_{jk}$  - эффективные массы соответствующих двухчастичных комбинаций;

$M_j$  - массы частиц;

индексы  $j, k, s$  удовлетворяют условию:  $j, k, s = 2, 3, \dots$ ,  
причем  $j < k < s$ ;

б) четырехмерные импульсы переданные от первичных частиц "0" и "1" системе "jks":

$$T_{0M_{jks}}^2 = -(M_0^2 + M_{jks}^2) + 2M_0 \cdot (M_{jks}^2 + p_{jks}^2)^{1/2} \quad (57)$$

$$T_{1M_{jks}}^2 = -(M_1^2 + M_{jks}^2) + 2[E_1 E_{jks} - p_{1jks} \cdot (\ell_{1jks} + m_{1jks} + n_{1jks})], \quad (58)$$

где  $\underline{p}_{jks} = \underline{p}_j + \underline{p}_k + \underline{p}_s$  и  $E_{jks} = (p_{jks}^2 + M_{jks}^2)^{1/2}$  - суммарный импульс и полная энергия набора "jks" в лабораторной системе координат, а  $\ell_{jks}, m_{jks}, n_{jks}$  - направляющие косинусы импульса  $\underline{p}_{jks}$  в этой же системе. В системе покоя "jks" ( $\underline{p}_{jks} = 0$ ) вычисляются полные энергии и импульсы первичных частиц и частиц, образующих набор "jks":

$$E_i'' = \frac{E_i E_{jks} - \underline{p}_i \cdot \underline{p}_{jks}}{M_{jks}}; \quad (59)$$

$$\underline{p}_i'' = \underline{p}_i - \underline{p}_{jks} = \frac{E_j + E_i''}{M_{jks} + E_{jks}}; \quad (60)$$

где индекс "l" проходит значения  $l = 0, 1, j, k, s$  ( $j < k < s$ ) и где

$E_l, \underline{p}_l$  - полная энергия и импульс  $l$ -ой частицы в лабораторной системе координат.

В системе покоя "jks" принята та же система координат, что и в § 3 для системы покоя двухчастичной комбинации "jk". В качестве вектора, характеризующего набор частиц "jks" в системе, где  $\underline{p}_{jks} = 0$ , выбрана нормаль  $\underline{n}$  к плоскости, в которой лежат векторы частиц  $\underline{p}_j''$ ,  $\underline{p}_k''$ ,  $\underline{p}_s''$ .

Направляющие косинусы нормали  $\underline{n}$  в лабораторной системе координат равны:

$$\begin{aligned} n_x &= \frac{p_{nx}}{p_n} \\ n_y &= \frac{p_{ny}}{p_n} \\ n_z &= \frac{p_{nz}}{p_n}, \end{aligned} \quad (61)$$

где

$$\begin{aligned} p_{nx} &= p_{jy}'' p_{kz}'' - p_{jz}'' p_{ky}'' \\ p_{ny} &= p_{jz}'' p_{kx}'' - p_{jx}'' p_{kz}'' \\ p_{nz} &= p_{jx}'' p_{ky}'' - p_{jy}'' p_{kx}'' \end{aligned} \quad (62)$$

$$p_n = [ (p_{nx}^2) + (p_{ny}^2) + (p_{nz}^2) ]^{1/2}. \quad (63)$$

Для нормали  $\underline{n}$  вычисляются полярный и азимутальный углы, определенные в § 3:

$$\cos \theta_n = n_x k_x + n_y k_y + n_z k_z \quad (64)$$

$$\sin \theta_n = (1 - \cos^2 \theta_n)^{1/2} \quad (85)$$

$$\cos \phi_n = \frac{1}{\sin \theta_n} (n_x l_x + n_y l_y + n_z l_z) \quad (86)$$

$$\sin \phi_n = \frac{1}{\sin \theta_n} (n_x j_x + n_y j_y + n_z j_z), \quad (87)$$

а также функции (40) - (42).

Для каждой трехчастичной комбинации "jks" в общей системе центра W определяются полная энергия, импульс, полярный и азимутальный углы:

$$E_{jks}^W = \frac{1}{W} [M_0 E_{jks} + E_1 E_{jks} - p_1 p_{jks} (\ell_1 \ell_{jks} + m_1 m_{jks} + n_1 n_{jks})] \quad (88)$$

$$p_{jks}^W = [(E_{jks}^W)^2 - M_{jks}^2]^{1/2} \quad (89)$$

$$\cos \theta_{1M_{jks}}^W = \frac{1}{2 p_1^W p_{jks}^W} [T_{1M_{jks}}^2 + M_1^2 + M_{jks}^2 - 2E_1^W E_{jks}^W] \quad (70)$$

$$\cos \psi_{jks}^W = \frac{1}{\sin \theta_{jks}^W} \left( \frac{\ell_{jks} m_1 - m_{jks} \ell_1}{\sqrt{1 - n_1^2}} \right) \quad (71)$$

$$\sin \psi_{jks}^W = \frac{1}{\sin \theta_{jks}^W} \left[ -\frac{n_1}{\sqrt{1 - n_1^2}} (\ell_1 \ell_{jks} + m_1 m_{jks}) + n_{jks} \sqrt{1 - n_1^2} \right], \quad (72)$$

где

$$\cos \theta_{jks} = \ell_{jks} \ell_1 + m_{jks} m_1 + n_{jks} n_1; \quad \sin \theta_{jks} = (1 - \cos^2 \theta_{jks})^{1/2}.$$

## § 5. Анализ четырехчастичных комбинаций

Если в рассматриваемой реакции содержится 5 вторичных частиц, то в дополнение к параграфам § 1-4 анализируются некоторые четырехчастичные комбинации "jksf".

Все четырехчастичные переборки проверяются на наличие нуклона, и только для безнуклонных комбинаций считаются следующие величины:

а) эффективная масса

$$M_{\vartheta} = (E_{\vartheta}^2 - p_{\vartheta}^2)^{1/2}, \quad (73)$$

где

$$E_{\vartheta} = E_j + E_k + E_n + E_f, \quad (74)$$

$$p_{\vartheta} = (p_{\vartheta x}^2 + p_{\vartheta y}^2 + p_{\vartheta z}^2)^{1/2}, \quad (75)$$

$$p_{\vartheta x} = p_j \ell_j + p_k \ell_k + p_n \ell_n + p_f \ell_f, \quad (76)$$

$$p_{\vartheta y} = p_j m_j + p_k m_k + p_n m_n + p_f m_f,$$

$$p_{\vartheta z} = p_j n_j + p_k n_k + p_n n_n + p_f n_f;$$

б) полная энергия в трехмерный импульс в общей системе центра W :

$$E_{\vartheta}^W = \frac{1}{W} [ (M_0 + E_1) E_{\vartheta} - p_1 p_{\vartheta} (\ell_1 \ell_{\vartheta} + m_1 m_{\vartheta} + n_1 n_{\vartheta}) ] \quad (77)$$

$$p_{\vartheta}^W = [ (E_{\vartheta}^W)^2 - M_{\vartheta}^2 ]^{1/2} \quad (78)$$

где

$$\ell_{\vartheta} = \frac{p_{\vartheta x}}{p_{\vartheta}}; \quad m_{\vartheta} = \frac{p_{\vartheta y}}{p_{\vartheta}}; \quad n_{\vartheta} = \frac{p_{\vartheta z}}{p_{\vartheta}}.$$



## § 6. Вывод данных

Накопленная в программе информация выводится тремя способами: на бумажную ленту, на перфокарты, на магнитную ленту. На бумажной ленте результаты печатаются в следующем порядке:

№ пл. № к. № зоны

№ тр.

№ частицы

.

.

.

Заголовок гипотезы /1/

$\chi^2$

$E_1^w$

$p_1^w$

$E_1^w$

$p_1^w$

характеристики частиц в общей  
системе центра W

(  $i = 2, 3, \dots, n$  )

$\cos \theta_{1i}^w$

$\cos \psi_{1i}^w$

$\sin \psi_{1i}^w$

W - энергия общей системы центра

№ тр

№ частицы

№ тр.

№ частицы

заглавие

двухчастичной комбинации (jk)

$$\left. \begin{array}{l}
 M_{jk} \\
 T_{1M_{jk}}^2 \\
 \cos \theta \\
 \cos^2 \theta \\
 \sin \theta \\
 \sin^2 \theta \\
 \sin 2\theta \\
 \cos \phi \\
 \cos^2 \phi \\
 \cos 2\phi \\
 \sin^2 \theta \cos 2\phi \\
 \sin 2\theta \cos \phi \\
 \sin \phi \\
 E_{jk}^w \\
 p_{jk}^w \\
 \cos \theta_{1M_{jk}}^w \\
 \cos \psi_{jk}^w \\
 \sin \psi_{jk}^w \\
 T_{\gamma M; k}^2 \\
 \cos \beta' \\
 \cos \beta \\
 M_{jk}^2 \\
 \phi_{jk}
 \end{array} \right\}$$

характеристики двойных комбинаций (jk)

$$(\theta = \theta_{jk} ; \phi = \phi_{jk} )$$

№ тр.  
 № част.  
 № тр.  
 № частицы  
 № тр.  
 № частицы

заглавие трехчастичной комбинации

$M_{jks}$   
 $T_{0M_{jks}}^2 (T_{1M_{jks}}^2)$   
 $\cos \theta_n$   
 $\cos^2 \theta_n$   
 $\sin \theta_n$   
 $\sin^2 \theta_n$   
 $\sin 2\theta_n$   
 $\cos \phi_n$   
 $\cos^2 \phi_n$   
 $\cos 2\phi_n$   
 $\sin^2 \theta_n \cos 2\phi_n$   
 $\sin 2\theta_n \cos \phi_n$   
 $\sin \phi_n$   
 $E_{jks}^w$   
 $p_{jks}^w$   
 $\cos \theta_{1M_{jks}}^w$   
 $\cos \psi_{jks}^w$   
 $\sin \psi_{jks}^w$   
 $\phi_n$

характеристики трехчастичных комбинаций  
 (jks)

$$\left. \begin{array}{l} M_{\varepsilon}^2 \\ M_{\varepsilon} \\ E_{\varepsilon}^w \\ P_{\varepsilon}^w \end{array} \right\}$$

характеристики четырехчастичных комбинаций

$$\left. \begin{array}{l} \cos \xi_1 \\ \cos \xi_2 \end{array} \right\}$$

углы для четырехчастичных комбинаций  
(§ 3).

На перфокарты выводятся только некоторые величины для двухчастичных и трехчастичных комбинаций, а именно:

для двойных комбинаций

для тройных комбинаций

$N_{пл.}$	$N_{кадра}$	$N_{зоны}$	
	$M_{jk}$		
	·		
	·		
	·		
$T_{0M}^2$	$(T_{1M}^2)$		
	$_{jk}$		
	·		
	·		
	·		
	$\cos \theta_{jk}$		
	$\phi_{jk}$		
	$K \Sigma$		

$N_{пл.}$	$N_{кадра}$	$N_{зоны}$	
	$M_{jks}$		
	·		
	·		
	·		
$T_{0M}^2$	$(T_{1M}^2)$		
	$_{jks}$		
	·		
	·		
	·		
	$\cos \theta_n$		
	$\phi_n$		
	$K \Sigma$		

При записи результатов на магнитную ленту предусмотрен следующий порядок:

$N_{пл.}$	$N_{к.}$	$N_{зоны}$	}
тип гипотезы			
(4 строки) /1/			

$$\left. \begin{array}{l} X^2 \\ E_1^w \\ p_1^w \\ E_1^{1w} \\ p_1^w \\ \cos \theta_{11}^w \\ \cos \psi_{11}^w \\ \sin \psi_{11}^w \end{array} \right\}$$

характеристики частиц в общей системе  
(центра) ( $i = 2, 3, \dots, n$ )

$$\left. \begin{array}{l} W \\ p_i \\ \alpha_i \\ \beta_i \end{array} \right\}$$

характеристики частиц в лабораторной системе  
координат ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$$\left. \begin{array}{l} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{array} \right\}$$

координаты точки взаимодействия в лабораторной системе координат

$$\left. \begin{array}{l} M_{\text{нед.}}^2 \\ \Delta(M_{\text{нед.}}^2) \\ M_{jk}^2 \\ M_{jk} \\ T_{0M_{jk}}^2 \quad (T_{1M_{jk}}^2) \\ \cos \theta_{jz} \\ \phi_{jk} \\ \cos \beta \\ E_{jk}^w \\ p_{jk}^w \end{array} \right\}$$

квадрат недостающей массы и его ошибка

характеристики двойных комбинаций ( $jk$ )

$$\begin{aligned} & \cos \theta_{1Mjk}^w \\ & \cos \psi_{jk}^w \\ & \sin \psi_{jk}^w \end{aligned}$$

$$M_{jks}^2$$

$$M_{jks}$$

$$T_{0Mjks}^2 \quad (T_{1Mjks}^2)$$

$$\cos \theta_n$$

$$\phi_n$$

$$E_{jks}^w$$

$$p_{jks}^w$$

$$\cos \theta_{1Mjks}^w$$

$$\cos \psi_{jks}^w$$

$$\sin \psi_{jks}^w$$

характеристики тройных комбинаций (jks)

$$M_{\Theta}^2$$

$$M_{\Theta}$$

$$E_{\Theta}^w$$

$$p_{\Theta}^w$$

характеристики четырехчастичных комбинаций (jksf)

$$\left. \begin{array}{l} \cos \xi_1 \\ \cos \xi_2 \end{array} \right\}$$

углы для четырехчастичных комбинаций  
( § 3)

При перфорации и записи на магнитную ленту принята единая последовательность двойных и тройных комбинаций: сначала идут все комбинации, включающие нуклоны, а затем переборки остальных частиц.

Каждое обрабатываемое событие записывается на отдельную зону магнитной ленты, при этом на бумажную ленту печатается номер зоны магнитной ленты и адрес события (№ пл. № к. № зоны) в десятичной системе счисления.

#### § 7. Анализ неразделенных событий

Если вводимое в программу событие удовлетворяет двум гипотезам программы 10-10, то оно имеет 2 набора перфокарт. В этом случае готовится дополнительная перфокарта вида (см. № § 1):

- 1)  $C_2$
- 2)  $N_{\text{пл}} \quad N_{\text{к}} \quad N_{\text{зоны}}$
- 3)  $X_0$
- 4)  $Y_0$
- 5)  $Z_0$
- 6)  $M_{1\text{нед.}}^2$
- 7)  $\Delta(M_{1\text{нед.}}^2)$
- 8)  $M_{2\text{нед.}}^2$
- 9)  $\Delta(M_{2\text{нед.}}^2)$
- 10)  $K \Sigma$

Здесь  $C_2$  - число гипотез в событии, равное 2, выраженное в двоично-восьмеричной системе записи,  $M_{1\text{нед.}}^2$  и  $M_{2\text{нед.}}^2$  - квадраты недостающих масс для 1-ой и 2-ой гипотез.

Дополнительная перфокарта помещается между наборами перфокарт, соответствующими рассматриваемым гипотезам. После ввода событий производится

анализ 1-ой гипотезы согласно параграфам § 1-5 с выводом результатов на печать и на перфорацию. Затем аналогичным образом анализируется 2-ая гипотеза и после печати и перфорации происходит запись на отдельную зону магнитной ленты результатов, относящихся к обеим гипотезам в последовательности введения гипотез согласно § 6.

События с неразделенными гипотезами хранятся на отдельной магнитной ленте.

События, удовлетворяющие более чем двум гипотезам, данной программой не обрабатываются.

В заключение авторы выражают свою признательность Г.И. Копылову за полезные консультации и Б.В. Феоктистову за постоянный интерес к работе.

#### Л и т е р а т у р а

1. З.М. Иванченко, А.Ф. Лукьянцев, В.И. Мороз, А.Д. Макаренко, Г.Н. Тентюкова. Преприят ОИЯИ Р-2399, Дубна 1965.
2. E. Ferrati, F. Selleri. *Suppl. Nuovo Cim.* 2, 453 (1962).
3. P. Eberhard, H. Pripstein. *Phys. Rev. Lett.*, 10, 351 (1963).
4. N. Schmitz. CERN 65-24 v. 1.
5. K. Gottfried, I. D. Jackson. *Nuovo Cim.*, 34, 735 (1964).
6. O. Czyzewski "Ecole internationale de la physique des particules elementales" Herceg- Novi 1965.
7. Р.М. Джабар-Заде, В.И. Мороз, А.В. Никитин, А.И. Родионов, Э. Рупп, Ю.А. Троян, Б.А. Шахбазян. Преприят ОИЯИ Р-1957, Дубна 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 июля 1967 г.



Таблица 1

Условные номера элементарных частиц, которые входят в запись гипотез о процессах

Частица	Условный номер	Масса Мэв/с <sup>2</sup>	Частица	Условный номер	Масса Мэв/с <sup>2</sup>
$\pi^+$	01	139,59	$\Sigma^0$	15	1191,50
$K^+$	02	493,90	$\gamma$	16	0,0
$p$	03	938,213	$e^-$	17	0,510978
$\Sigma$	04	1189,40	$e^+$	20	0,510978
$\pi^-$	05	139,59	$\bar{p}$	21	938,213
$K^-$	06	493,90	$\bar{K}$	22	939,507
$\Sigma^-$	07	1195,96	$\bar{K}^0$	23	1115,36
$\rho$	10	135,00	$\Sigma^+$	24	1189,40
$K^0$	11	497,80	$\Sigma^0$	25	1191,50
$\bar{K}^0$	12	497,80	$\Sigma^-$	26	1195,96
$\Lambda$	13	939,507	$\pi^0$	27	1311,00
$\Lambda^0$	14	1115,36	$\pi^-$	30	1318,40

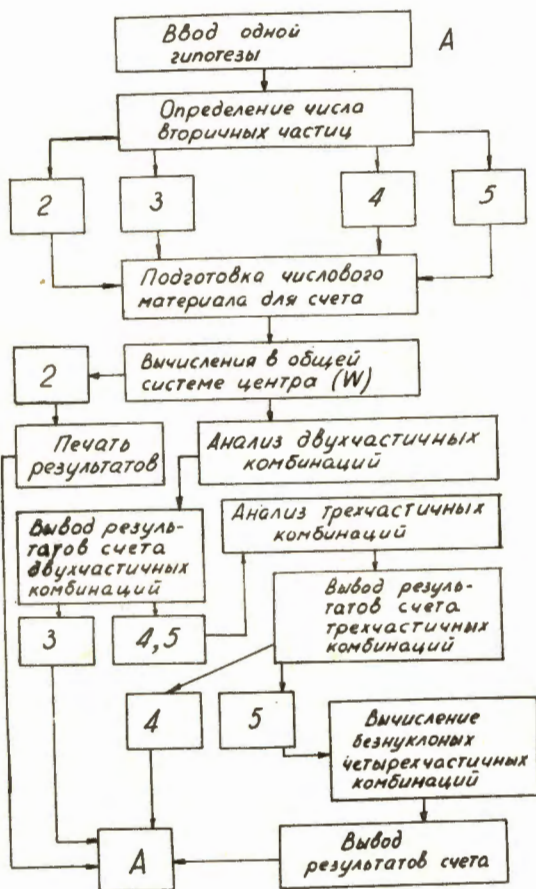


Рис. 1. Блок-схема программы