

5449

Экз. чит. зап.

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

1 - 5449



Н. Ангелов, Г.И. Копылов, В.Н. Пенев,
Ю.В. Тевзадзе, А.И. Шкловская

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ГЕНЕРИРОВАНИЕ π^- p -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ
МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ
СЛУЧАЙНЫХ ЗВЕЗД - "ФАРФОРС"

1970

1 - 5449

Н. Ангелов, Г.И. Копылов, В.Н. Пенев,
Ю.В. Тевзадзе, А.И. Шкловская

ГЕНЕРИРОВАНИЕ μ -р -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ
МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ
СЛУЧАЙНЫХ ЗВЕЗД - "ФАРФОРС"

В В Е Д Е Н И Е

Программа случайных звёзд (ФОРС) [1] обладает большой эффективностью в моделировании гипотезы фазового объема, даже при большом числе вторичных продуктов реакции ($n_s \geq 10$). Это обеспечивается процедурой так называемой нивелировки весов, т.е. выбора таких переменных в выражении статистического веса, чтобы он был в нерелятивистском пределе одинаков во всех точках фазового пространства. Однако программа [1] написана на машинном коде БЭСМ-4. Это ограничивает её возможности, а также затрудняет внесение некоторых необходимых изменений.

Программа ФАРФОРС создана на основе несколько видоизмененных и дополненных алгоритмов программы ФОРС. Она написана на языке "ФОРТРАН" и приспособлена для работы на машинах CDC-1604A и БЭСМ-6.

I. Алгоритмы программы

ФАРФОРС состоит из нескольких почти независимых программ, выполняющих следующие функции (в скобках указаны основные подпрограммы блока и его название):

1. Моделирование случайных звёзд (АКАТА, блок МОД);
2. Задание ошибок для параметров частиц и реконструкция пространственных координат треков этих частиц в эффективном объеме регистрирующего прибора (ERROR, блок " ОШИБКИ");
3. Кинематическая идентификация случайной звёзды (LEADER, блок "ФИТ");
4. Расчёт физических величин - эффективных масс с их погрешностями, переданных импульсов и т.д. (PROV, блок "ФИЗИК");

5. Обслуживание: накопление результатов, построение гистограмм, отсчёт времени и т.д. (SGRADA, блок "ГИСТОГ").

Рассмотрим каждый блок в отдельности.

п.1. "МОД"

Сначала рассчитываются исходные данные для n генерируемых частиц: $X_n, Y_n, Z_n, P_n, E_n, \mu_n$ и T_n - три проекции импульса всей системы, полная энергия, сумма масс и полная кинетическая энергия n частиц в лабораторной системе координат соответственно, а также M_n - эффективная масса n частиц в СЦМ. Затем работает так называемая рекуррентная "K-процедура":

Рассчитывается ^{1/2} кинетическая энергия:

$$T_{k-1} = T_k \xi_{k-1}, \quad (I-1)$$

где $k=n, n-1, \dots, 2$, ξ_{k-1} - корень уравнения $C_{k-1}(\xi_{k-1}) = \alpha_{k-1}$
 $\alpha_{k-1} = \tau$ - случайное число, равномерно распределенное в интервале $(0,1)$, а

$$C_k(\xi_k) = \frac{\int_0^{\xi_k} d\xi_k \xi_k^{\frac{3k-5}{2}} (1-\xi_k)^{1/2}}{\int_0^1 d\xi_k \xi_k^{\frac{3k-5}{2}} (1-\xi_k)^{1/2}} \quad (I-2)$$

Функции $C_k(\xi_k)$ табулированы для $k=3, \dots, 14$ (приложение П(1)). Такой выбор [1] приводит к тому, что вес случайной звезды постоянен в нерелятивистском пределе, а в ультрарелятивистском случае обращается в 0 на границах фазового объема.

Энергия и импульс в с.ц.м. k -ой частицы получаются из формул:

$$\tilde{\omega}_k = \frac{M_k^2 + m_k^2 - M_{k-1}^2}{2M_k}; \quad \tilde{p}_k = (\tilde{\omega}_k^2 - m_k^2)^{1/2}, \quad (I-3)$$

где m_k - масса k -ой частицы, а энергия и импульс её в лабораторной системе рассчитываются по формулам:

$$\omega_k = \frac{E_k \tilde{\omega}_k + \vec{P}_k \vec{P}_k}{M_k} \quad (I-4)$$

$$\vec{P}_k = \vec{\tilde{P}}_k + \alpha_k \vec{P}_k, \quad (I-5)$$

где $\alpha_k = (\omega_k + \tilde{\omega}_k) / (E_k + M_k)$. (I-6)

Для вычисления ω_k по формуле (I-4) необходимо знать i, j, k - проекции импульса k -ой частицы \vec{P}_k в системе покоя частиц $1, \dots, k$ на орты i, j, k , связанные с некоторой осью \vec{e}_k

$$i\tilde{P}_k = \tilde{P}_k \sqrt{1-\eta_k^2} \cos \varphi_k; \quad j\tilde{P}_k = \tilde{P}_k \sqrt{1-\eta_k^2} \sin \varphi_k; \quad k\tilde{P}_k = \tilde{P}_k \eta_k, \quad (I-9)$$

где $\eta_k = (1 - \eta'_k) \tau_1 - 1$ (I-10)

$$\varphi_k = 2\pi \tau_2 \quad (I-11)$$

η' - параметр, вводящий анизотропию в модель и равный -1 при изотропии; τ_1, τ_2 - случайные числа, равномерно распределенные в интервале (0,1).

Импульс частиц \vec{P}_k ($k=n, \dots, 2$) однозначно определяется заданием кинетической энергии группы ($k-1$) частиц T_{k-1} в системе покоя этой группы и направлением \vec{e}_k вылета k -ой частицы в системе покоя k -частиц. При этом проекции импульса в с.ц.м. необходимо домножить на матрицу поворота. В программе предусмотрена возможность выбрать в качестве оси \vec{e}_k направление первичной частицы " α " в системе покоя k -частиц. Тогда для получения матрицы поворота рассчитывают энергию и импульс первичной частицы в системе центра масс k -частиц ($k=n, \dots, 2$)

$$\tilde{\omega}_\alpha = \frac{E_k \omega_k - \vec{P}_k \vec{P}_\alpha}{M_k} \quad (I-12)$$

$$\tilde{P}_\alpha = (\omega_\alpha^2 - m_\alpha^2)^{1/2},$$

где ω_a , P_a - энергия и импульс первичной частицы a в лаб. системе.

Введя, как и ранее,

$$\alpha_a = \frac{\bar{\omega}_a + \omega_a}{M_k + E_k}, \quad (I-13)$$

получаем формулу для преобразования импульсов в с.ц.м.:

$$\bar{P}_a = P_a - \alpha_a \bar{P}_k. \quad (I-14)$$

Здесь, как и всюду, индекс "a" относится к первичной налетающей частице. Углы поворота получаются из следующих формул:

$$\begin{aligned} \cos \vartheta_a &= \bar{Z}_a / \bar{P}_a ; & \sin \vartheta_a &= \sqrt{1 - \cos^2 \vartheta_a} \\ \cos \varphi_a &= \bar{X}_a / \tau_a ; & \sin \varphi_a &= \bar{Y}_a / \tau_a , \end{aligned} \quad (I-15)$$

где $\tau_a = \bar{P}_a \sin \vartheta_a$, \bar{X}_a , \bar{Y}_a , \bar{Z}_a - проекции импульса \bar{P}_a в с.ц.м. Проекция импульса \bar{P}_k получаются после преобразования:

$$\begin{pmatrix} \bar{X}_k \\ \bar{Y}_k \\ \bar{Z}_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \vartheta_a \cos \varphi_a & -\sin \varphi_a & \sin \vartheta_a \cos \varphi_a \\ \cos \vartheta_a \sin \varphi_a & \cos \varphi_a & \sin \vartheta_a \sin \varphi_a \\ -\sin \vartheta_a & 0 & \cos \vartheta_a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i\bar{P}_k \\ j\bar{P}_k \\ k\bar{P}_k \end{pmatrix} \quad (I-16)$$

Полную энергию и импульс системы частиц (1, ..., K-1) в лабораторной системе получаем из:

$$E_{k-1} = E_k - \omega_k ; \quad \bar{P}_{k-1} = \bar{P}_k - \bar{P}_k. \quad (I-7)$$

Для первой частицы $\bar{P}_1 = P_1$, $\omega_1 = E_1$. В качестве контроля работы "K - процедуры" используется вычисление

$$E_{k-1} = (P_{k-1}^2 + M_{k-1}^2)^{1/2}. \quad (I-8)$$

Значения E_{k-1} , полученные из формул (I-7) и (I-8), должны совпадать.

Каждому событию присваивается вес, равный: [1]

$$K_n = \frac{(\pi^{3/2} (\frac{1-n'}{2}))^{n-1}}{2 \Gamma(\frac{3}{2}(n-1))} \cdot \frac{T_n^{\frac{3n-5}{2}}}{M_n} \prod_2^n \frac{\tilde{P}_k}{\sqrt{T_k - T_{k-1}}} \quad (I-17)$$

п.2. "ОШИБКИ"

Используя значения проекций импульса x_k, y_k, z_k , определяем импульс, угол наклона α и азимут β каждой частицы:

$$\alpha_k = \arcsin \frac{x_k}{P_k}$$

$$\beta_k = \arcsin \frac{z_k}{\sqrt{z_k^2 + y_k^2}} = \arccos \frac{y_k}{\sqrt{z_k^2 + y_k^2}}, \quad (I-18)$$

причем α_k и β_k изменяются в пределах:

$$-\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2$$

$$0 \leq \beta_k \leq 2\pi.$$

В программе предусмотрена возможность задавать погрешности параметров двумя разными способами:

а) В качестве ошибок параметров принимаются экспериментальные средне-квадратичные ошибки;

б) Ошибки рассчитываются по эмпирическим формулам.

В случае б) программа случайным образом разыгрывает положение точки взаимодействия в пределах эффективного объема камеры.

Затем по импульсу и углам частицы вычисляется потенциальная длина ее пробега в регистрирующем объеме прибора. Эта величина сравнивается со случайно разигрываемым пробегом до взаимодействия L_{b_3} :

$$L_{b_3} = -B \ln R_1, \quad (I-19)$$

где R_1 - случайное число, равномерно распределенное на интервале 0,1.

Меньшая из величин L_p и L_{b_3} и будет составлять длину следа L . Далее, исходя из длины следа и импульса, по эмпирическим формулам вычисляют среднеквадратичные ошибки значений параметров.

После этого величины параметров ($p, \operatorname{tg} \alpha, \beta$) "разбрасываются" около своих точных значений:

$$x_i = x_i + \Delta x_i \tau_i, \quad (I-20)$$

где $x_i = p, \operatorname{tg} \alpha, \beta$; τ_i - случайные числа, распределенные по нормальному закону, а Δx_i - среднеквадратичные ошибки параметров.

В программе предусмотрена возможность моделирования пространственных координат X, Y, Z траектории каждого трека. Для этой цели специальный генератор фиктивных треков, подобный описанному в /3/, был присоединён к нашей программе x).

x) В создании генератора фиктивных треков [4] принимали участие А.У.Абдурахимов и Нгуен Дин Ты

п.3. Блок "ФИТ"

Идентификация каналов реакции, а также идентификация V^0 - частиц и γ - квантов происходит с помощью минимизации функционала вида:

$$M = \sum_{i,j=1}^{3n} (a_i - a_{i,exp}) G_{ij} (a_j - a_{j,exp}) + \sum \lambda_k f_k, \quad (I-2I)$$

где $a_{i,exp}$, $a_{j,exp}$ - измеренные, a_{ij} - искомые значения параметров, G_{ij} - элементы матрицы весов, n - число треков в вершине.

Минимизация функционалов M с использованием неопределенных множителей Лагранжа λ_k производится методом исключения ^{/5/}. Каждая вершина: звезда, V^0 , γ - квант идентифицируется независимо.

п.4. Блок "ФИЗИК"

В этом блоке по известным формулам рассчитываются различные величины, которые обычно анализируются в физических исследованиях (см. табл. I). Блок может работать как в режиме накопления рассчитываемых величин, так и при выдаче данных каждого события.

п.5. Блок обслуживания - "ГИСТОГ"

В этом блоке задается режим работы программы, производятся все построения результатов, а также отсчитывается время, затрачиваемое на различные операции.

Режим работы программы задается переключателями массива IQM (I5), расположенными в числовом материале программы.

Таблица I

Номер ячейки массива GIV	Название величины	Подпрограмма
I	$M_{i,j}^2, M_{i,j,k}^2, M_{i,j,k,j}^2, \dots$	
3	$M_{i,j}, M_{i,j,k}, M_{i,j,k,f}, \dots$ - квадрат эффективной массы (эффективная масса) группы (i,) - частиц соответственно	EEM2
2,4	$\Delta M_{i,j,k}^2, (\Delta M_{i,j,k}, \dots)$ ошибки в квадратах эффективных масс (в эффективных массах)	BONDJ
5	$t_{i,j,k}$ - переданный импульс	T2
6	$P_{i,j}^*, P_{i,j,k}^*$ - импульсы в СИМ	CIS
7,8	Углы $\cos \theta_{i,(ij)}^*, \phi_{i,(ij)} \dots$ частиц в СИМ первичного взаимодействия	PRONIN
9,10	Углы $\cos \theta_{i,(ij)}^*, \phi_{i,(ij)} \dots$ в СИМ	
11,13	в Лаб. системе (в СИМ)	AVACUM
12	$P_{i,j,k}$ - поперечные импульсы	AVACUM

Здесь же находятся данные о числе частиц в генерируемой реакции, общее число событий **NEVMAX** и т.д. (см. Приложение П).

Гипотезы о массах частиц задаются с помощью условных номеров, приведенных в таблице 2.

Структура программы такова, что в начале моделирования заданной гипотезы происходит предварительное накопление некоторого числа событий для определения среднего и максимального весов этих событий, а также для оценки эффективности моделирования. Если есть указание в переключателях о том, чтобы программа работала в режиме накопления результатов, то предварительный розыгрыш группы событий помогает определить также границы спектров тех параметров частиц, которые затем будут строиться в виде гистограмм. Количество накапливаемых событий определяется числом **NEVMAX** (Приложение П) и не может превышать 500.

От режима работы зависит вид выдачи результатов на печать. После стандартной выдачи основных констант и результатов предварительного расчёта следует выдача таблицы параметров каждого события, если задан режим "одиночного" генерирования, и гистограмм результатов, если задан режим накопления.

Блок "Гистог." обеспечивает накопление и построение до 30 различных графиков одновременно. Все графики одномерны, и число интервалов при построении не превышает 100. Возможны построения с учётом весов.

§ 2. Структура программы

Программа ФАРФОРС кроме управляющей программы содержит ещё 39 подпрограмм. Упрощенная схема связей подпрограмм и блоков представлена на рис. I.

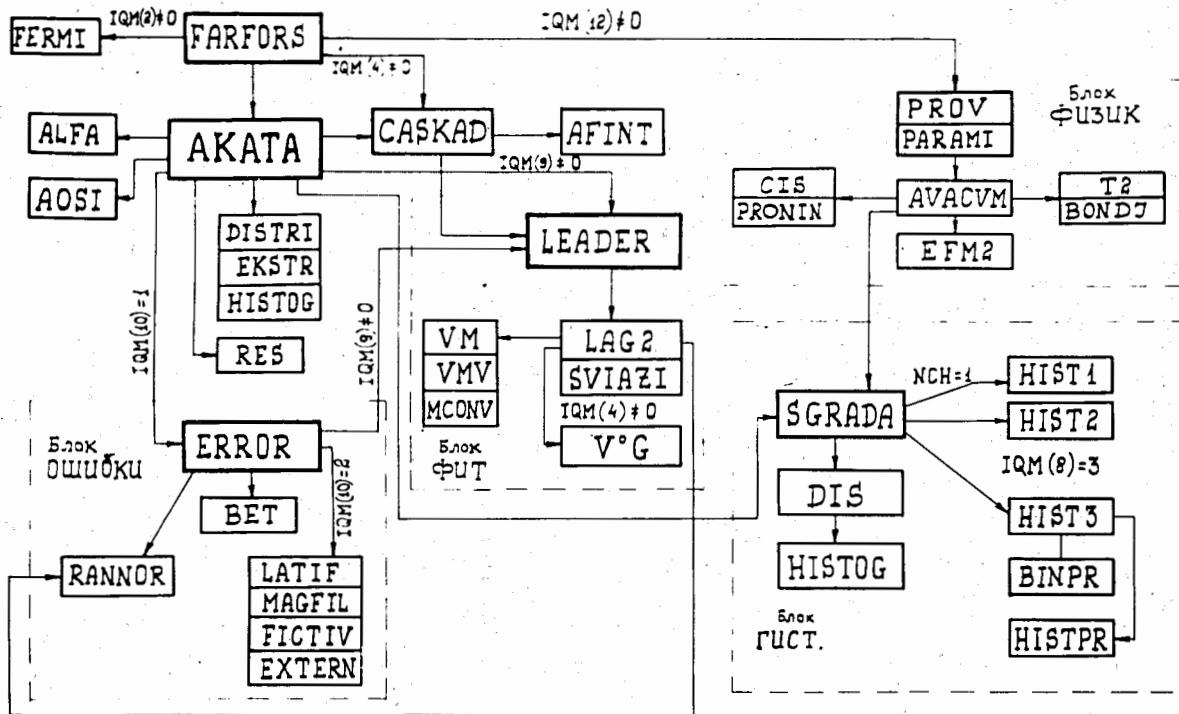


Рис.1. Упрощенная схема программы ФАРФОРС.

Таблица 2

Частица	Условный номер	Частица	Условный номер	Частица	Условный номер			
π^+ -мезон	PI+	1	K^0 -мезон	KO	II	ω -мезон	OMEG	20
K^+ -мезон	K+	2	\bar{K}^0 -мезон	AKO	I2	ψ -мезон	FI	21
протон	P	3	нейтрон	N	I3	f-мезон	F	22
Σ^+ гиперон	SIGM+	4	Λ^0 -гиперон	LAMB	I4	K^* -мезон	K^*	23
π^- -мезон	PI	5	Σ^0 гиперон	SIGMO	I5	A1-мезон	A1	24
K^- -мезон	K-	6	γ -квант	GAM	I6	A2-мезон	A2	25
Σ^- гиперон	SIGM-	7	η мезон	ETA	I7	$N_{3/2}^{3/2}$ изобара	N^*	26
электрон	E-	8	ρ^0 мезон	ROO	I8	Y^* гиперон	Y^*	27
позитрон	E+	9	ρ^+ мезон	RO+	I9	KSI-мезон	KSI	28
π^0 мезон	PIO	10						

Ввод числового материала (кроме данных, необходимых для каскадов и работы блока **ERROR**), задание режима работы, а также расчеты начальных полных значений импульса и энергии производится программой **FARFOR** .

Рассмотрим функции отдельных подпрограмм блока **МОД** .

AKATA - содержит "рекуррентную **K** - процедуру", рассчитывает кинематический и динамический вес , организует выдачу результатов в режиме " одиночного" генерирования. Нахождение случайных чисел ξ_k , необходимых для вычисления кинетических энергий в " **K**-процедуре", происходит в программе **ALFA** по таблице (массив **A** (20,12)). Вычисление проекций импульсов в С.Ц.М., а также косинуса угла η (I-10) осуществляется в подпрограмме **FERMI**. Эта же подпрограмма используется в **FARFOR** для вычисления начальных значений импульса с учетом ферми-движения мишени. Вычисление матрицы поворота (I-16) и пересчет проекций импульсов С.Ц.М. производится с помощью подпрограммы **AOSI**. В блоке **МОД** содержится ещё ряд подпрограмм, играющих вспомогательную роль:

EKSTR - определяют минимальные и максимальные значения величин массива **WKK**, их разницу, шаг построения гистограмм, если число интервалов (**NKIN**) задано.

DISTR - располагает заданные величины из массива **VALUE** в интервалы гистограммы и после окончания расположения вызывает подпрограмму.

HISTOG - строящую гистограммы (с вертикальной осью).

RES - если номер частицы, заданной в моделируемой гипотезе,

(см. табл. I) превышает 17, то подпрограмма выдает значение массы для этой частицы. Вероятность распределения набора таких масс подчиняется закону Брайта-Вигнера.

CASKAD-вводит данные, необходимые для работы каскадных распадов первого уровня (см. Приложение II), подготавливает начальные значения полного импульса и энергии и вызывает подпрограмму AKATA для генерирования распадов частиц, указанных в числовом материале. Затем формирует новую реакцию, в которую продукты распада частиц I-го уровня каскадов входят как равноправные члены. Далее вводится числовой материал следующего уровня каскада и т.д. Для расчета весов соответствующих распадов используется программа AFINT.

В блоке "Ошибки" подпрограмма "ERROR" рассчитывает значения углов α и β по формулам (I-18), причем для определения угла β используется вспомогательная подпрограмма BET. Здесь же задаются ошибки параметров, а затем параметры разбрасываются в пределах этих ошибок. Для получения случайных чисел, распределенных по нормальному закону со средним 0 и дисперсией 1, используется подпрограмма RANNOR.

Генерирование пространственных координат треков с использованием реального магнитного поля в объеме регистрирующего прибора (специально для 2-м пропановой камеры [6]) производится с помощью подпрограмм LATIF, MAGFIL и FICTIV, образующих генератор фиктивных треков. Эта часть программы существует только в варианте FARFORS для машины БЭСМ-6.

Управляющей программой блока "ФИТ" является подпрограмма LEADER

В **LEADER** определяется число уравнений связи и массы частиц, соответствующих выбранной гипотезе. Гипотезы, под которые будет подгоняться изучаемый процесс, задаются в основном числовом материале (см. Приложение П) или в массиве **ICAS** в случае наличия каскадных распадов.

Здесь же формируются массивы параметров и их ошибок, необходимых для работы подпрограммы минимизации функционала (I-2I) - **LAG 2**.

Функционалы, соответствующие распадам V^0 -частиц, π^0 -мезонов и конверсии γ -квантов, минимизируются также подпрограммой **LAG 2**.

В блоке "ФИТ" имеется ряд подпрограмм, играющих вспомогательную роль. Все они вызываются в **LAG 2**.

SVIAZI - производит расчёт наборов уравнений связи для разных гипотез.

VOG - проводит вычисление углов вылета α , β , ошибок углов, а также импульсов V^0 -частиц и γ -квантов.

VM, VMV, MCONV - подпрограммы умножения вектора на матрицу, тройного произведения вектора на матрицу и на вектор и инверсии матрицы соответственно. Все матрицы предварительно симметризируются.

Ввод в блок "ФИЗИК" осуществляется в подпрограмме **PROV**. Здесь формируется массив экспериментальных данных и задается параметр $MA=K+2$, где K - число частиц в смоделированной звезде. Заполнение массива физических результатов (**GIV**) происходит в программе **AVACUM** с помощью подпрограмм, указанных в таблице I.

При работе программы **FARFOR** в режиме накопления в работу включается блок "ГИСТ". Управление в этом блоке осуществляется программой **SGRADA**. Эта программа определяет в массиве гистограмм место распределения конкретной физической величины (см. Приложение I). Границы этих распределений определяются ранее в **AKATA**. При первом вызове подпрограммы **SGRADA**, она в свою очередь вызывает **HIST1** и **HIST2**, которые используются для очистки массива, отведенного под гистограммы. Затем для последующих событий вызываются подпрограммы **DIS** либо **HIST3**, с помощью которых находится место в соответствующей гистограмме для конкретной величины. Эти программы в свою очередь вызывают соответствующие программы для построений графиков.

Для определения времени, затрачиваемого на различные этапы расчётов, используется подпрограмма **CLOCKZZ**.

§ 3. Возможности программы **ФАРФОРС**

п. I. Веса взаимодействий - фазовый объем

Правильность работы программы была проверена на вычислении фазовых интегралов различных реакций, вычисляемых как

$$S_n(M_n) = \frac{1}{N} \sum_1^N K_n, \quad (3-22)$$

ЧИСЛО АТОМОВ В ЯДРЕ
 ЧИСЛО ПРОТОНОВ
 ЧИСЛО НЕЙТРОНОВ

ЧИСЛО АТОМОВ
 ЧИСЛО ПРОТОНОВ
 ЧИСЛО НЕЙТРОНОВ

Минимальный
 вес

равные интервалы

Максимальный
 вес

40 Гэв
 $\bar{\nu}_p \rightarrow 3\bar{\nu}_p$
 $\epsilon = 73\%$

а.

Минимальный
 вес

равные интервалы

Максимальный
 вес

40 Гэв
 $\bar{\nu}_p \rightarrow 5\bar{\nu}_p$
 $\epsilon = 59\%$

б.

Рис. 2. Распределения весов для реакции $\bar{\nu}_p \rightarrow 3\bar{\nu}_p$ (а) и $\bar{\nu}_p \rightarrow 5\bar{\nu}_p$ (б) при энергии 40 Гэв.

где N - число событий

Величина фазового объема для нулевых масс продуктов вычисляется по приближенной формуле

$$S_n(0) = \frac{(\pi/2)^{n-1}}{(n-1)!} \cdot \frac{T_n^{2n-4}}{(n-2)!} \quad (3-23)$$

Для масс продуктов, отличных от нуля, величина $S_n(M_n)$ вычислялась с помощью таблиц фазовых объемов [7]. Сравнение этих значений с полученными по программе ФАРФОРС приведены в табл.3. Как видно из таблицы, программа ФАРФОРС дает хорошее согласие в величине фазового объема с теоретическими значениями.

п.2. Эффективность моделирования

Эффективность моделирования вычислялась для различных реакций (табл.3) по формуле:

$$\varepsilon = \frac{1}{K_{\max}^N \cdot N} \sum_{i=1}^N K_n, \quad (3-24)$$

где K_{\max} - максимальный вес. N обыкновенно равно 500. Как видно из табл.3, эффективность довольно высока даже для процессов с образованием большого числа частиц. В качестве примера на рис.2 представлены распределения весов для некоторых реакций.

Таблица № 3

№	Реакция	Энергия (ГэВ)	Программа ФАРФОРС	Теоретические значения	Эффективность моделирования (в %)
1	$\pi^- p \rightarrow 4\gamma$	40	1.83×10^{15}	1.86×10^{15}	67.5
2	$\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^- p$	40	1.42×10^{15}	1.42×10^{15}	72.0
3	$\pi^- p \rightarrow \Lambda^0 K^0 \pi^0$	40	7.60×10^7	7.75×10^7	94.4
4	$\pi^- p \rightarrow 2\pi^+ 3\pi^- p$	40	5.56×10^{28}	5.68×10^{28}	61.3

Таблица № 4

$$\frac{(\Delta p/p)}{p} = 5\%$$

Реакция генерируемая	Подгонка под гипотезу			
	$\rightarrow p\pi^-\pi^0$	$\rightarrow p\pi^-$	$\rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^0$	$\rightarrow p\pi^+\pi^+$
$\pi^- p \rightarrow p\pi^-\pi^0$ $\rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^0$	100%	96%	100%	98.6%
	$\frac{(\Delta p/p)}{p} = 10\%$			
$\rightarrow p\pi^-\pi^0$ $\rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^0$	100%	90%	100%	97%
	$\frac{(\Delta p/p)}{p} = 15\%$			
$\rightarrow p\pi^-\pi^0$ $\rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^0$	100%	86%	100%	95.8%

п.3. Скорость моделирования. (Данные только для
машины CDC-1604A)

Среднее время генерирования одного трека составляет 0,03сек.
Среднее время идентификации события по одной гипотезе - 2-3 сек.
Время, расходуемое на одно событие, зависит от режима работы
программы и вида печати результатов. На печатание одной гисто-
граммы уходит 8 сек. Таким образом, расчёт одного 4-лучевого
события с выдачей на печать таблицы результатов и с кинемати-
ческой идентификацией по трем гипотезам занимает 10 сек. Накоп-
ление результатов моделирования 1000 четырехлучевых событий и
выдача 13 графиков занимает 4 мин.

§ 4. Моделирование π^-p - взаимодействий при
40 Гэв/с с помощью программы ФАРФОРС

Моделирование π^-p - взаимодействий при 40 Гэв/с было
проведено с целью дальнейшего изучения:

- а) условий сходимости итерационного процесса минимизации
функционала (I-2I), используемого в программе [4];
- б) возможностей разделения различных реакций.

Как было отмечено в [8], при минимизации функционала, задан-
ного в виде (I-2I), не всегда даже при очень большом числе
итераций итерационный процесс сходится, т.е. выполняются законы
сохранения. Особенно плохо идёт подгонка под одно уравнение
связи (IC-фит). Однако было отмечено [8], что отсутствие схо-
димости наблюдается только для "ложных" гипотез. На большом

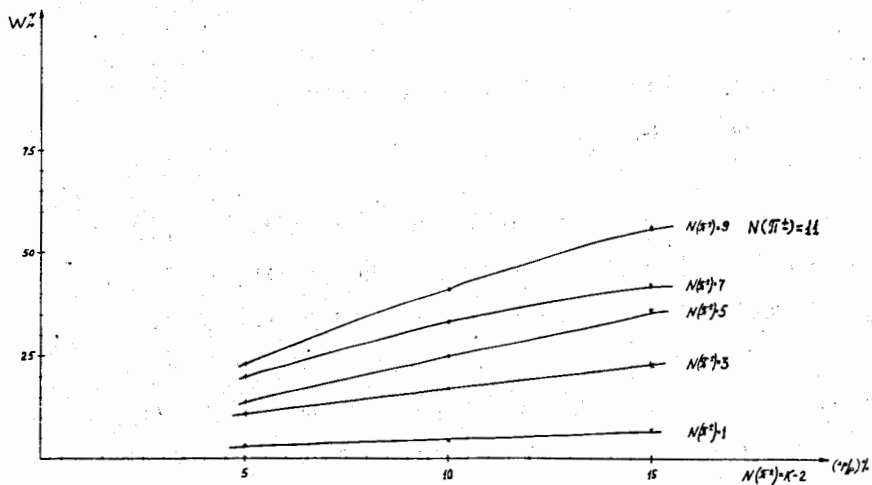


Рис.3. Зависимость величины примеси (в %) реакций

$\pi^- p \rightarrow N \pi^\pm p \pi^0$ ($N=1 \div 11$) в реакции $\pi^- p \rightarrow N \pi^\pm p$
 в зависимости от среднеквадратичной ошибки в импульсах.

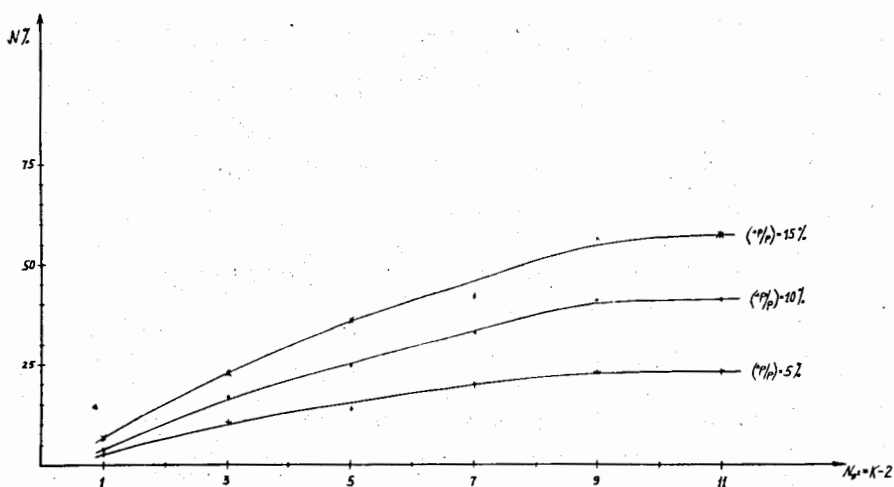


Рис.4. Зависимость величины примеси (в %) реакций

$\pi^- p \rightarrow N \pi^\pm p \pi^0$ ($N=1 \div 11$) в реакции $\pi^- p \rightarrow N \pi^\pm p$
 в зависимости от числа частиц $N(\pi^\pm) = K-2$,
 где K - число частиц в звезде.

числе событий (~ 1000) нами было это подтверждено; утверждение остаётся в силе при изменении в больших пределах ($5 \pm 15\%$) ошибок в параметрах (см.таблицу 4).

В случае (δ) расчёты, аналогичные приведенным в^[8], были проделаны для реакций $\pi^- p \rightarrow p N \pi^\pm$, $\pi^- p \rightarrow p \pi^0 N \pi^\pm$, где $N = I \dots\dots\dots II$, и построена величина примеси реакции с нейтральной частицей в реакцию, не имеющую нейтральной частицы ($4SFIT$), в зависимости от множественности заряженных частиц (рис.3). Кроме того, для многолучевых звёзд вероятность выделения реакции без нейтральных частиц была исследована в зависимости от величины ошибки в импульсах (см. рис.4).

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность за постоянный интерес к работе и помощь М.И.Соловьеву, Нгуен Дин Ты, В.Г.Гришину, А.У.Абдурахимову, Х.Л.Супичакову, Е.Н.Кладнической и др. Мы многим обязаны Л. Жуковой, В. Ваксиной и Д.В. Линдфорс за подготовку программ.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.Е.Комолова, Г.И.Копылов. Препринт ОИЯИ Р-2027, Дубна (1965)
В.Е.Комолова, Г.И.Копылов. Препринт ОИЯИ Р-II-3193 (1967)
2. Г.И.Копылов. Автореферат диссертации, ОИЯИ, 2-3412, Дубна (1967).
3. А.Д.Макаренкова, В.И.Мороз, А.А.Стельмах, Г.Н.Тентюкова
Препринт Р10-3526.
4. А.У.Абдурахимов, Нгуен Дин Ты, Пенев В. Препринт ОИЯИ
I-5140 (1970)
5. J. P. Betge, F. T. Solmitz, H. D. Taft. Rev of sc. ins V32, N5
(1964)
6. M. P. Balandin, N. G. Borisov et al N.I.M. 20, 110 (1963)
7. Г.И.Копылов, В.Е.Комолова. Препринт ОИЯИ, Р-777
8. Абдурахимов и др. Препринт ОИЯИ I-4468 часть II (1969)

Рукопись поступила в издательский отдел

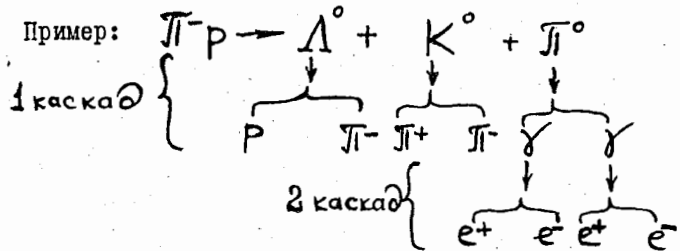
4 декабря 1970 года.

П Р И Л О Ж Е Н И Е I

Номер переключателя
IQM (15).

За что отвечает

- 1 При $IQM(1)=1$ осуществляется поворот осей, используемых в программе так, чтобы ось Z совпадала с направлением импульса первичной частицы.
- 2 При $IQM(2)=1$ моделируются взаимодействия с учётом ферми-импульса мишени.
- 3 При $IQM(3)=1$ расчёты проекций импульсов частиц проводятся в с.ц.м. первичного взаимодействия
- 4 При $IQM(4)=1$ включается расчет каскадных распадов первого каскада, при $IQM(4)=2$ второго и при $IQM(4)=3$ - третьего каскадов.



- 5 При $IQM(5) \neq 0$ работает система накопления данных. События накапливаются в виде гистограмм

Значение переключателя
IQM (5)

Параметры, которые
накапливаются

1	Импульсы и углы α , β всех частиц и веса событий
2	P_{\perp} и P_{\parallel} в с.ц.м. и в лаб.сист. всех частиц и веса событий пока свободны
3	

Когда только $IQM(5) \neq 0$, а $IQM(14) = 0$, то данные накапливаются в вертикальных гистограммах, при построении которых не учитывается вес событий.

- 6 Зарезервирован для расчёта периферических моделей
- 7 При $IQM(7) = 1$ рассчитывается вес события в мультипериферической модели с обменом π -мезонами. При $IQM(7) \neq 1$ рассчитывается только кинематический вес события;
- 8 Всегда в начале расчёта $IQM(8) = 2$. Этот переключатель служит для организации генераций без выдачи первых $NEVMAX$ событий, на основании которых определяется максимальное значение кинематического и динамического весов;
- 9 При $IQM(9) = 1$ в АКТА происходит вызов управляющей программы **LEADER** для кинематической идентификации каналов реакции, т.е. работает блок "FIT".

- I0 При $IQM(10)$ ошибки параметров принимаются равными среднеквадратичным, заданным в числовом материале. При $IQM(10)=1$ вызывается подпрограмма **ERROR** для расчета ошибок параметров в зависимости от длины следа в регистрирующем приборе.
- I1 Используется при расчётах по периферическим моделям
- I2 При $IQM(12)$ работает блок ФИЗИК
- I3 При $IQM(13)$ происходит дополнительная печать величин промежуточных расчётов в блоке МОД
- I4 Работает, как дополнение к переключателю $IQM(5)$
При $IQM(5) \neq 0$ и $IQM(14) \neq 0$ сначала накапливаются **NEVENT** событий в гистограммах с учётом весов и затем автоматически печатаются эти гистограммы
- I5 При $IQM(15) \neq 0$ происходит дополнительная печать промежуточных результатов блоков "ФИТ" и "Ошибки".

П Р И Л О Ж Е Н И Е П

Числовой материал программы состоит из двух групп перфокарт:

1. Таблица, используемая для поиска случайных чисел (60 перфокарт).
2. Набор перфокарт,готавливаемых для каждого типа расчета и каждого сеанса.

Константы первой группы перфокарт не меняются от сеанса к сеансу. Состав 2 группы перфокарт приведен в таблице :

- 1 п.ф. - **NSTART**- величина,определяющая первое случайное число (для продолжения расчетов) (формат I.20)
- 2 п.ф. - **AP , DAP(1), API** - импульс, ошибка и масса первичной частицы соответственно; **QM** - масса частицы-мишени, **XA , YA , ZA** - проекции импульса первичной частицы (формат **7F 10.6**).
- 3 п.ф. - **NEVMAX, NEVENT**- число событий,предварительно накапливаемых и число событий, которые понадобятся для получения результатов (формат **20 X I 10**) соответственно;
- 4 п.ф. - **K** - число продуктов реакции;
- 5 п.ф. - В формате I4 пробиваются номера частиц -продуктов реакции;
- 6,7 п.ф. - гипотезн, под которые будет дополнительно подготавливаться изучаемый процесс.
- 8,9 п.ф. - В формате 5XI5 пробиваются значения переключателей **IQM (15)**.

- 10^x) п.ф. в формате F 10.4 пробивается величина наклона в экспоненте для периферических взаимодействий. Ставится только тогда, когда $IQM(6) \neq 0$
- 11, 12^x) п.ф. вводятся среднеквадратичные ошибки в измерении импульса и углов $tg\alpha$ и β . Ставятся только в том случае, если переключатель $IQM(9) \neq 0$
- 13, 14^x) п.ф. Если $IQM(10) \neq 0$, то вводятся 2 перфокарты, на которых пробиты константы, необходимые для работы блока "Ошибки" (6 F 10.5)
- а) границы эффективной области регистрирующего прибора по X, Y, Z соответственно - формат,
- б) минимальная длина следа и плотность вещества формат (2 F 10.5)
- 15^x) п.ф. далее идёт, если $IQM(4) \neq 0$, группа перфокарт, организующая работу программы каскадных распадов (CASKAD). Для каждого из уровней каскадов необходимо иметь набор карт ;
- а) порядковые номера распадающихся частиц (2014),
- б) число распадающихся в данном каскаде частиц (формат I 10) и количество продуктов распада каждой из них.

х) Эти перфокарты нужно ставить только в том случае, когда соответствующий переключатель не равен 0.

в) массив обозначений продуктов распада распадающихся частиц (2п./ф.). Для организации работы последующих каскадов (кроме первого) нужно составить новую реакцию, включающую продукты частиц, распавшихся в предыдущем каскаде и на отдельной перфокарте пробить число частиц в новой реакции (формат 2I.20). Затем перфокарты пунктов α , δ и β нужно набивать уже для новой реакции.

Пример:

