

10997

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



10997

ЭКЗ ЧИТ ЗАЛА

1- 10997

В.Б.Виноградов, А.Б.Йорданов, В.М.Королев,
А.С.Курилин, В.Г.Одинцов, Н.А.Русакович,
В.Г.Яцюк

ПРОГРАММА МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ ОДНОПЛЕЧЕВОГО МАГНИТНОГО
ИСКРОВОГО СПЕКТРОМЕТРА
С БЕСФИЛЬМОВЫМ СЪЕМОМ ИНФОРМАЦИИ

1977

1- 10997

В.Б.Виноградов, А.Б.Йорданов, В.М.Королев,
А.С.Курилин,* В.Г.Одинцов, Н.А.Русакович,*
В.Г.Яцюк

ПРОГРАММА МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ ОДНОПЛЕЧЕВОГО МАГНИТНОГО
ИСКРОВОГО СПЕКТРОМЕТРА
С БЕСФИЛЬМОВЫМ СЪЕМОМ ИНФОРМАЦИИ

* Институт физики АН БССР, Минск.

Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ

Виноградов В.Б. и др.

1 - 10997

Программа моделирования для одноплечевого магнитного
искрового спектрометра с бесфильмовым съемом информации

Описывается программа моделирования для одноплечевого бесфиль-
мового спектрометра на основе искровых проволочных камер. Результа-
ты моделирования используются при определении разрешающих способ-
ностей спектрометра, а также при отладке программ поиска и рекон-
струкции событий.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Vinogradov V.B. et al.

1 - 10997

A Modeling Program for the Single-Arm Spark
Filmless Spectrometer

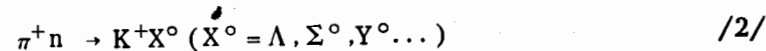
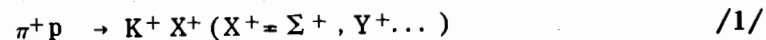
A modeling program for the single-arm spark filmless spectro-
meter is described. Results of modeling may be used at determining
spectrometer resolutions and at testing of programs of search and
reconstruction of events.

The investigation has been performed at the Laboratory
of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа содержит описание алгоритма и
созданной на его основе программы моделирования для
магнитного искрового спектрометра ГИПЕРОН с бес-
фильмовым съемом информации. Установка ГИПЕРОН
/рис. 1/, создаваемая в ОИЯИ совместно с ИФВЭ
/Серпухов/, предназначена для исследования бинарных
гиперзарядовообменных процессов



в области энергий 5-20 ГэВ/1/. Установка содержит
водородную /дейтериевую/ мишень Т, сцинтилляционные
счетчики S_{1-4} , блоки искровых проволочных камер
ИПК₁₋₁₀, черенковские счетчики C_{1-5} , годоскопы Γ_{1-6} .
Пучковая часть установки на основе магнита СП-129
и системы ИПК₁₋₄ служит для уточнения импульса пуч-
ковых частиц. Продукты взаимодействия регистриру-
ются широкоапертурным магнитным спектрометром с
магнитом МС-12 и искровыми камерами ИПК₅₋₁₀.

Программа написана на языке ФОРТРАН и позволя-
ет решать следующие задачи:

1/ определять геометрическую эффективность ре-
гистрации исследуемых процессов;

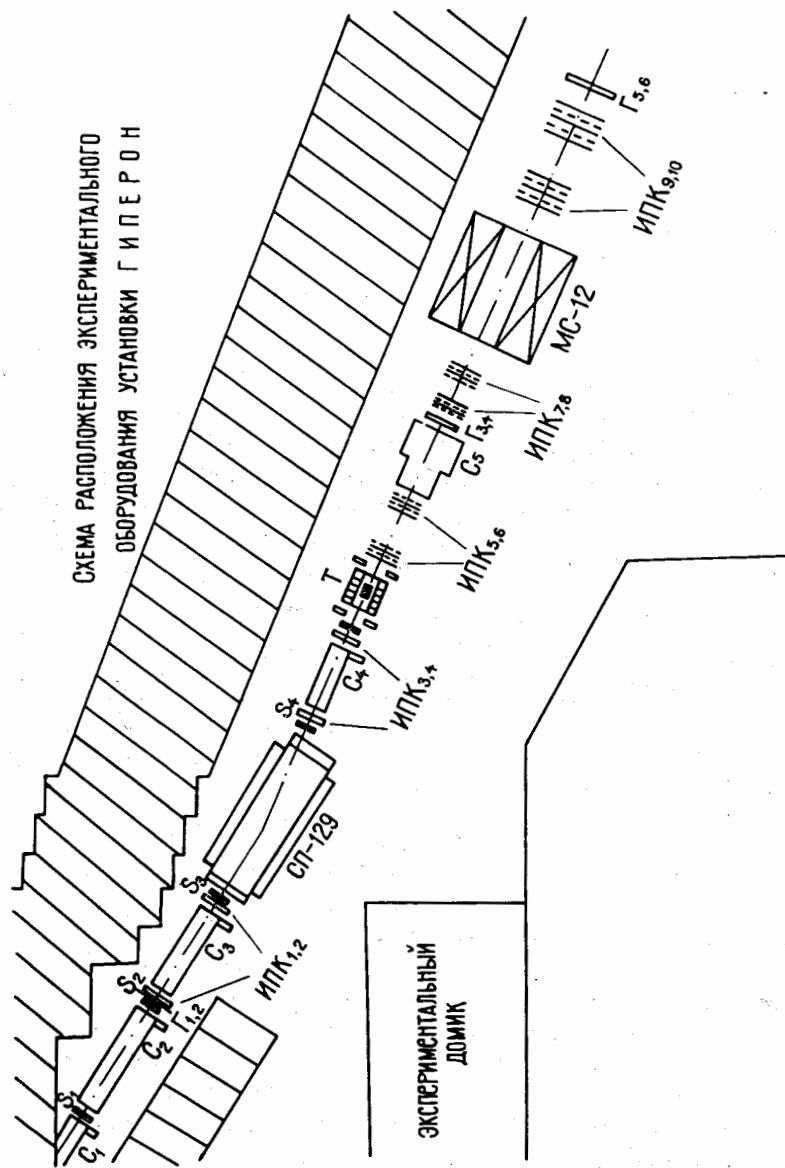


Рис. 1

2/ рассчитывать разрешающие способности спектрометра;

3/ рассчитывать оптимальную геометрию спектрометра по отношению к разрешающим способностям и специфике исследуемых процессов;

4/ имитировать работу регистрирующих элементов установки для последующей проверки и отладки программ распознавания и геометрической реконструкции событий.

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБЫТИЙ

События, соответствующие процессам /1/-/3/, генерировались методом Монте-Карло с помощью общей программы вычисления фазового объема FOWL /2/. Для каждой вторичной частицы определялись случайные векторы 4-импульсов, удовлетворяющие закону сохранения энергии-импульса в реакции. Для учета динамики процессов /1/-/3/ сгенерированным событиям присваивался вес W_t , пропорциональный экспериментальному дифференциальному сечению

$$W_t \sim \frac{d\sigma}{dt} \sim A e^{-at} \quad /4/$$

Здесь A и a - эмпирически определенные параметры /4/. При генерации использовался метод Каянти-Бюклинга, приводящий к статистическому обогащению разыгрываемых событий в соответствии с весом /4/. В рамках программы FOWL этот метод реализован в виде стандартной процедуры.

Введем систему координат, связанную с установкой, согласно рис. 2 /начало координат совмещено с центром мишени, ось Z направлена вдоль пучка, ось X - параллельно магнитному полю, а ось Y - перпендикулярно плоскости XOZ , так, чтобы оси составили правую тройку координат /.

Координаты точки взаимодействия пучковой частицы с ядром мишени разыгрывались равномерно по всему объему мишени. Ослаблением первичного пучка за счет взаимодействий в мишени мы пренебрегаем.

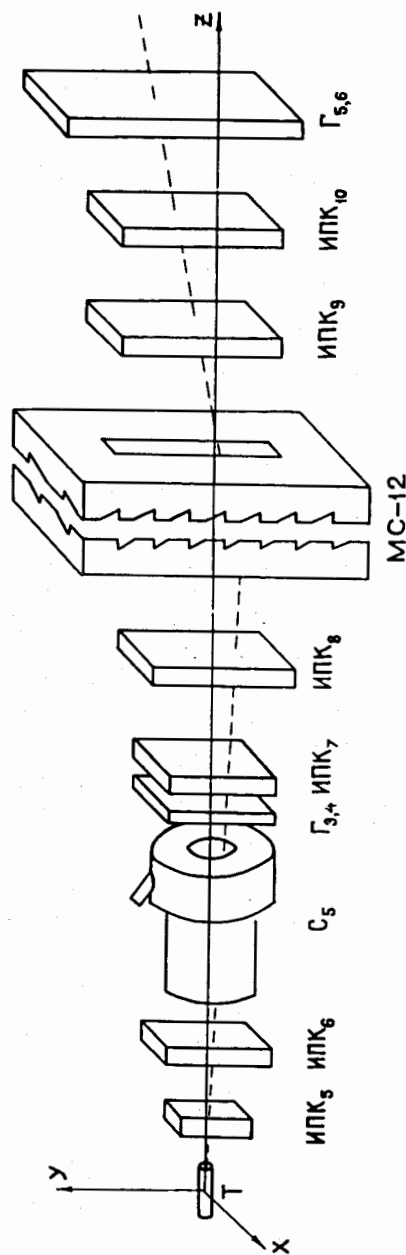


Рис. 2

Если угол вылета вторичной частицы обеспечивал ее пролет через зазор магнита и регистрирующие элементы, то для такого события рассчитывалась траектория движения вторичного мезона с учетом многократного кулоновского рассеяния частицы на элементах установки.

Для учета искажения формы траектории частицы из-за многократного рассеяния используется метод, описанный в работах /5-7/. Суть его в следующем.

Назовем блоком набор из промежуточных однородных сред установки, завершающийся регистрирующей плоскостью искровой камеры. Каждая промежуточная среда /элемент блока/ может быть охарактеризована ковариационной матрицей кулоновского рассеяния /6,7/:

$${}^k C_i = \begin{bmatrix} k_{\sigma_{y_i}^2} & k_{\rho_i} & k_{\sigma_{y_i}} & k_{\sigma_{\theta_i}} \\ k_{\rho_i} & k_{\sigma_{y_i}} & k_{\sigma_{\theta_i}} & k_{\sigma_{\theta_i}^2} \end{bmatrix} = k_{y_i}^2 \begin{bmatrix} \frac{1}{3} \ell_i^3 & \frac{1}{2} \ell_i^2 \\ \frac{1}{2} \ell_i^2 & k_{\ell_i} \end{bmatrix} \quad /6/$$

Здесь $k_{\sigma_{y_i}}$, $k_{\sigma_{\theta_i}}$ - дисперсии изменений проекции координаты и угла наклона на выходе из i -го элемента k -го блока за счет многократного рассеяния в этом элементе; k_{ρ_i} - коэффициент корреляции между величинами $k_{\sigma_{y_i}}$ и $k_{\sigma_{\theta_i}}$; k_{ℓ_i} - толщина i -го элемента k -го блока в см;

$$k_{y_i}^2 = \frac{(0.021)^2}{2} \frac{1}{k_{X_i}} \frac{k_{E_{i+1}} k_{E_i}}{k_{p_{i+1}}^2 k_{p_i}^2}; \quad /7/$$

k_{X_i} - радиационная длина элемента в см; k_{E_i} , $k_{E_{i+1}}$ и k_{p_i} , $k_{p_{i+1}}$ - соответственно энергии и импульсы частиц на входе в i -й элемент k -го блока и на выходе из него. Отметим, что энергетическими потерями частицы мы в дальнейшем пренебрегаем.

Каждый блок в свою очередь может быть охарактеризован ковариационной матрицей kS , которая рассчитывается по формуле /6/

$$^kS = \sum_{i=1}^{n_k} k_{T_i} k_{C_i} k_{\tilde{T}_i}; \quad k=1, \dots, m. \quad /8/$$

Здесь k_{T_i} - трансформационная матрица i -го элемента k -го блока.

$$k_{T_i} = \begin{pmatrix} 1 & k_{L_i} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad /9/$$

k_{L_i} - расстояние от конца i -го элемента до конца k -го блока; n_k - число элементов в блоке; m - число блоков.

Ковариационные матрицы kS имеют структуру, аналогичную kC_i :

$$^kS = \begin{pmatrix} k_{\sigma_Y^2} & k_{\rho} k_{\sigma_Y} k_{\sigma_\theta} \\ k_{\rho} k_{\sigma_Y} k_{\sigma_\theta} & k_{\sigma_\theta^2} \end{pmatrix}; \quad /10/$$

где k_{σ_Y} , k_{σ_θ} - дисперсии изменений координаты и угла наклона трека на выходе из k -го блока за счет многократного рассеяния на элементах этого блока; k_{ρ} - коэффициент корреляции между k_{σ_Y} и k_{σ_θ} . Таким образом, матрицы kS полностью описывают многократное кулоновское рассеяние частицы, пролетающей через спектрометр.

Отметим, что процесс многократного кулоновского рассеяния заряженной частицы можно рассматривать независимо в проекции на каждую из двух ортогональных плоскостей XOZ и YOZ. В табл. 1 описана структура блоков спектрометра ГИПЕРОН и приведены рассчитанные дисперсии k_{σ_Y} , k_{σ_θ} на выходе из блоков установки в YOZ - проекции для импульса вторичной частицы ~ 10 ГэВ/с.

Таблица 1

Структура блоков установки ГИПЕРОН и дисперсии координатного и углового распределения для каждого из блоков в YOZ плоскости /Р - 10 ГэВ/с/

Номер блока	Элемент блока	Толщина промежуточной среды (см)	Радиационная длина (см)	σ_Y (см)	σ_θ (рад)
1	2	3	4	5	6
1	Майлар	,047	29,2	$9,06 \cdot 10^{-3}$	$2,72 \cdot 10^{-4}$
	Водород	25	887		
	Воздух	20	30870		
	Смесь Ne-Hc (75%Ne -25%Hc)	1	42248		
2	Плоскости проволоки	$3,14 \cdot 10^{-3}$	1,45	$1,09 \cdot 10^{-3}$	$9,51 \cdot 10^{-5}$
	Смесь	4	42248		
	Майлар	,028	29,2		
	Воздух	20	30870		
3	Плоскости проволоки	$3,14 \cdot 10^{-3}$	1,45	$7,07 \cdot 10^{-3}$	$1,20 \cdot 10^{-4}$
	Смесь	4	42248		
	Майлар	,028	29,2		
	Воздух	90	30870		
4	Аналогично блоку № 2				
5	Плоскости проволоки	$3,14 \cdot 10^{-3}$	1,45	$5,18 \cdot 10^{-2}$	$3,84 \cdot 10^{-4}$
	Смесь	4	42248		
	Майлар	0,428	29,2		
	Воздух	30	30870		
	Фреон	200	4400		
6	Аналогично блоку № 2				
7	Плоскости проволоки	$3,14 \cdot 10^{-3}$	1,45	$2,36 \cdot 10^{-2}$	$1,48 \cdot 10^{-4}$
	Смесь	4	42248		
	Майлар	0,168	29,2		
	Воздух	30	30870		
	Гелий	200	523040		
8	Аналогично блоку № 2				
9	Плоскости проволоки	$3,14 \cdot 10^{-3}$	1,45	$4,59 \cdot 10^{-2}$	$1,51 \cdot 10^{-4}$
	Смесь	5	42248		
	Майлар	0,168	29,2		
	Воздух	30	30870		
	Гелий	400	523040		
10	Аналогично блоку № 2				
11	Аналогично блоку № 7				
12	Аналогично блоку № 2				

После вычисления ковариационных матриц для всех блоков установки на выходе из каждого блока разыгрываются коррелированные значения изменений координаты ΔY_k и угла наклона трека $\Delta \theta_k$:

$$\Delta Y_k = {}^k \sigma_Y (\xi - \tau) / \sqrt{2}; \quad \Delta \theta_k = {}^k \sigma_\theta (\xi + \tau) / \sqrt{2}, \quad /11/$$

где ξ и τ - случайные числа, распределенные по

нормальному закону с дисперсиями $\sigma_\xi = \sqrt{1 - k_\rho}$ и $\sigma_\theta = \sqrt{1 + k_\rho}$.

После прохождения частицей k -го блока координата и угол наклона ее траектории изменяются соответственно на ΔY_k и $\Delta \theta_k$. Следующая точка траектории вычисляется уже на основе новых значений координат.

Координаты пересечений траектории с плоскостями искровых камер Y_k и соответствующие углы наклона θ_k вне магнитного поля вычисляются по формулам:

$$Y_k = Y_{k-1} + \operatorname{tg} \theta_{k-1} (z_k - z_{k-1}) + \Delta Y_k;$$

$$\theta_k = \theta_{k-1} + \Delta \theta_k. \quad /12/$$

Отклонение траекторий частиц в магнитном поле рассчитывалось в соответствии с предположением, что поле однородно и имеет четкие границы.

Координаты искр в искровых камерах y_k определяются так:

$$y_k = Y_k + \Delta Y^\Gamma, \quad /13/$$

где ΔY^Γ - ошибка, обусловленная геометрическим разрешением ИПК. ΔY^Γ считалась распределенной по нормальному закону с заданной дисперсией $\sigma_\Gamma / \sigma_\Gamma = 0,03 \text{ см}$. По рассчитанным координатам траектории y_k восстанавливаются кинематические параметры частицы и вычисляются разрешения спектрометра. Неэффективность срабатывания искровых проволочных камер принималась

равной 0,05. Предусмотрена возможность задания собственной эффективности для каждой камеры в соответствии с различными режимами работы.

Программа позволяет формировать массивы трековых и фоновых искр в искровых камерах, соответствующие реальной информации, поступающей с ИПК, в виде наборов номеров сработавших проволок. Для этого координаты пересечений трека с плоскостями камер Y_k округляются в соответствии с шагом намотки проволок. Учтена возможность пробоа нескольких соседних искровых промежутков при прохождении частицы через камеру.

Моделирование фоновых условий производилось на основе информации о фоновой загрузке реальных камер, используемых в эксперименте /8/. Фоновые искры разыгрываются равномерно по всей плоскости искровой камеры и дополнительно с некоторой заданной плотностью в зоне, определяемой профилем пучка.

Представленный таким образом смоделированный материал в дальнейшем используется для отладки и проверки программ распознавания треков и реконструкции событий.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ

Блок-схема программы генерации фиктивных событий приведена на рис. 3. Ниже дается краткое описание основных разделов программы.

Программа FOWL/2/ генерирует случайные события в соответствии с фазовым объемом процессов /1-/ /3/ и позволяет вести статистическую обработку разыгранных событий /построение одномерных и двумерных гистограмм, вычисление статистических погрешностей и т.п./ . Кроме того, FOWL выполняет функции управляющей программы.

Подпрограмма ARM служит для задания основных констант и параметров установки: конфигурации детекторов, радиационных длин и толщин рассеивающих сред и т.п. В этом разделе генерируется геометрия установ-

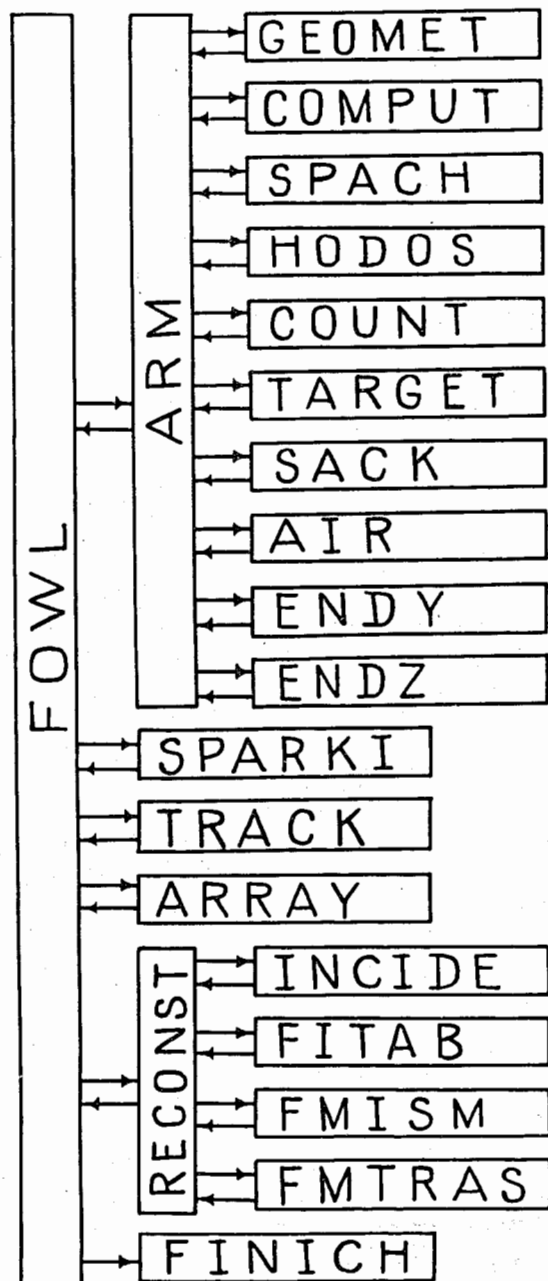


Рис. 3

ки с помощью вызова группы подпрограмм, содержащих информацию о структуре основных элементов: искровых камер (SPACH), черенковских счетчиков (COUNT), сцинтилляционных годоскопов (HODOS) мишени (TARGET), воздушных промежутков (AIR), гелиевых мешков (SACK). Подпрограммы ENDY и ENDZ служат для ввода информации о конце очередного блока. ARM вызывает также подпрограмму GEOMET, которая вычисляет координаты детекторов и объединяет элементы установки в блоки, и COMPUT, которая рассчитывает ковариационные матрицы многократного кулоновского рассеяния.

Подпрограмма TRACK строит траекторию движения заряженной частицы через спектрометр с учетом кулоновского рассеяния и рассчитывает координаты трековых искр в ИПК. SPARKI служит для учета неэффективности ИПК. ARRAY формирует массивы трековых и фоновых искр в ИПК, имитирующих реальное событие, и осуществляет их запись на магнитную ленту.

Подпрограммы RECONST, FITAB, INCIDE, FMISM и FMTRAS служат для проверки работы моделирующей программы и вычисления разрешающих способностей спектрометра. RECONST реконструирует событие и восстанавливает кинематические параметры трека; FITAB служит для быстрой аппроксимации набора экспериментальных данных прямой линией; INCIDE предназначена для учета ошибок в определении кинематических параметров первичного трека пучковым спектрометром; FMISM и FMTRAS вычисляют значения недостающей массы и переданного импульса соответственно и ошибки этих величин. Подпрограмма FINICH служит для организации выдачи результатов работы программы на печать.

Скорость генерации событий программой составляет ~500 событий в минуту.

В заключение авторы благодарят Ю.А.Будагова, В.Б.Флягина и В.М.Кутына за постоянное внимание и поддержку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 1-8948, Дубна, 1975.
2. James F. FOWL CERN Program Library, W505.
3. Бюклинг Е., Каянти К. Кинематика элементарных частиц. "Мир", М., 1975.
4. π^+n and π^+d Interactions - A Compilation: Parts I and II. LBL-53 /1973/.
5. Росси Б. Частицы больших энергий. ГИТТЛ, М., 1955.
6. Альбрехт К. Ф. и др. ОИЯИ, 1-7305, Дубна, 1973.
7. Бережнев С.Ф. и др. ОИЯИ, P10-8167, Дубна, 1974.
8. Карнеков Ю.Д. и др. Препринт ИФВЭ, 72-118, Серпухов, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 октября 1977 года.