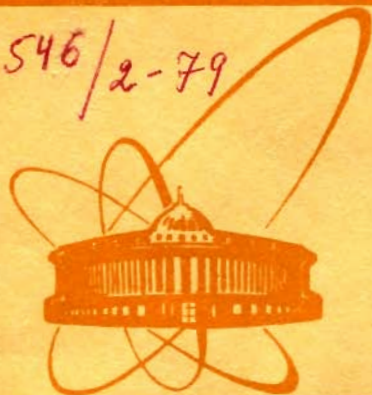


5546/2-79



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

A-341

29/12-79
P10 - 12655

Л.С.Ажгирей, И.К.Взоров, В.В.Иванов

СИСТЕМА ПРОГРАММ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ,
НАКОПЛЕННОЙ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
НА МАГНИТНОМ СПЕКТРОМЕТРЕ
С ПРОВОЛОЧНЫМИ ИСКРОВЫМИ КАМЕРАМИ

1979

P10 - 12655

Л.С.Ажгирей, И.К.Взоров, В.В.Иванов

СИСТЕМА ПРОГРАММ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ,
НАКОПЛЕННОЙ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
НА МАГНИТНОМ СПЕКТРОМЕТРЕ
С ПРОВОЛОЧНЫМИ ИСКРОВЫМИ КАМЕРАМИ

P10 - 12655

Ажгирей Л.С., Взоров И.К., Иванов В.В.

Система программ обработки информации, накопленной в экспериментах на магнитном спектрометре с проволочными искровыми камерами

Описывается система программ обработки информации, накопленной в экспериментах по исследованию взаимодействий релятивистских протонов и дейтронов с ядрами. Измерения проводились на одноплечевом магнитном спектрометре с проволочными искровыми камерами на линии с ЭВМ БЭСМ-4. Накопленный экспериментальный материал обрабатывался в несколько этапов на ЭВМ CDC-6500. Полный объем обработанной информации составил $\sim 2 \cdot 10^6$ событий.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

P10 - 12655

Azhgirej L.S., Vsorov I.K., Ivanov V.V.

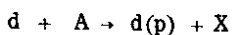
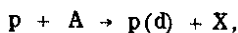
Software for Processing Experimental Data from
Magnetic Spectrometer with Wire Spark Chambers

The software for processing experimental data obtained during measurements of nuclear interactions of relativistic protons and deuterons is described. The measurements were performed by means of an one-arm magnetic spectrometer with wire spark chambers on-line with the BESM-4 computer. The experimental data was processed in a few steps with the CDC-6500 computer. On the whole the data processed amounted to approx. $2 \cdot 10^6$ events.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Описана система программ для обработки информации, накопленной в экспериментах по исследованию взаимодействий протонов и дейтронов с ядрами /1/ на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ. Опыты состояли в измерении импульсных спектров вторичных частиц, испущенных в реакциях:



при начальных импульсах падающих частиц 4,3; 6,3 и 8,9 ГэВ/с.

Экспериментальная установка представляла собой одноплечевой магнитный спектрометр с проволочными искровыми камерами /2/ на линии с ЭВМ БЭСМ-4 /рис. 1/. ЭВМ использовала

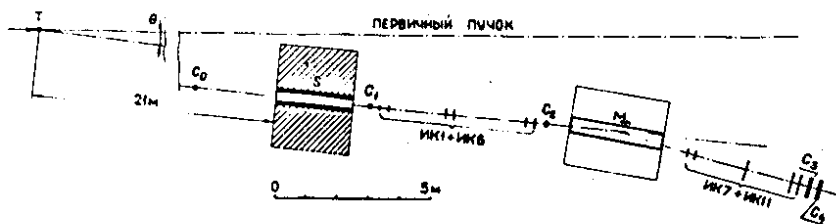


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

лась для контроля за работой экспериментальной аппаратуры, предварительной обработки принимаемой информации и накопления ее на магнитных лентах /МЛ/ /3,4/.

Обработка накопленного экспериментального материала проводилась в четыре этапа, причем объем анализируемой информа-

ции последовательно сокращался, а результаты предыдущего этапа обработки передавались на последующий с помощью наиболее эффективных носителей информации^{5/}.

I. ПЕРЕПИСЬ ИНФОРМАЦИИ НА ЛЕНТЫ DST

С целью переноса информации с ЭВМ БЭСМ-4 на CDC-6500 экспериментальные данные с МЛ переписывались на ленты суммарных данных DST. Этот этап обработки проводился на ЭВМ БЭСМ-4, к которой был подключен накопитель на магнитной ленте /НМЛ/ CDC-606. На автокоде "Ассемблер" ^{6/} была написана программа переписи информации с НМЛ БЭСМ-4 на НМЛ CDC-606, использовавшая подпрограмму обмена между оперативной памятью ЭВМ БЭСМ-4 и НМЛ CDC-606 ^{7/}. Каждая переписываемая МЛ оформлялась в виде отдельного файла на ленте DST. При этом одной зоне на МЛ, содержащей информацию, зарегистрированную в течение одного цикла ускорения, соответствовал один логический рекорд на ленте DST. Осуществлялся программный контроль правильности записи информации на ленту DST.

Для идентификации файла в его начало записывался паспорт, содержащий порядковый номер файла, номер МЛ, номер мишени. Для формирования паспорта файла использовались два 45-разрядных клавишных запоминающих устройства /КЗУ/ пульта ЭВМ БЭСМ-4^{8/}. Кроме того, с помощью КЗУ можно было управлять работой НМЛ CDC-606 и ЭВМ БЭСМ-4.

II. ПОЛУЧЕНИЕ ЛЕНТ СУММАРНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

На втором этапе первичная информация, записанная на лентах DST, подвергалась контролю и обработке, включавшей декодировку и геометрическую реконструкцию событий. Для дальнейшей обработки оставались лишь события, удовлетворявшие определенным критериям отбора /тестам/. Полученные результаты в упакованном виде записывались на ленты суммарных результатов RST. Этот этап обработки и все последующие проводились на ЭВМ CDC-6500.

Комплекс программ, используемых для получения лент RST, был написан на языке FORTRAN Extended для ЭВМ типа CDC-

6000^{9/} и оформлен в виде перманентного файла^{10/}. Использование программы UPDATE^{11/} дало возможность гибко управлять системой программ обработки событий и легко вносить изменения, связанные с обработкой информации, полученной в разных экспозициях.

Управление работой всей системы программ осуществлялось с помощью программы-диспетчера DISP, блок-схема которой приведена на рис. 2. В процессе выполнения программа DISP обращалась к отдельным подпрограммам, выполнявшим следующую

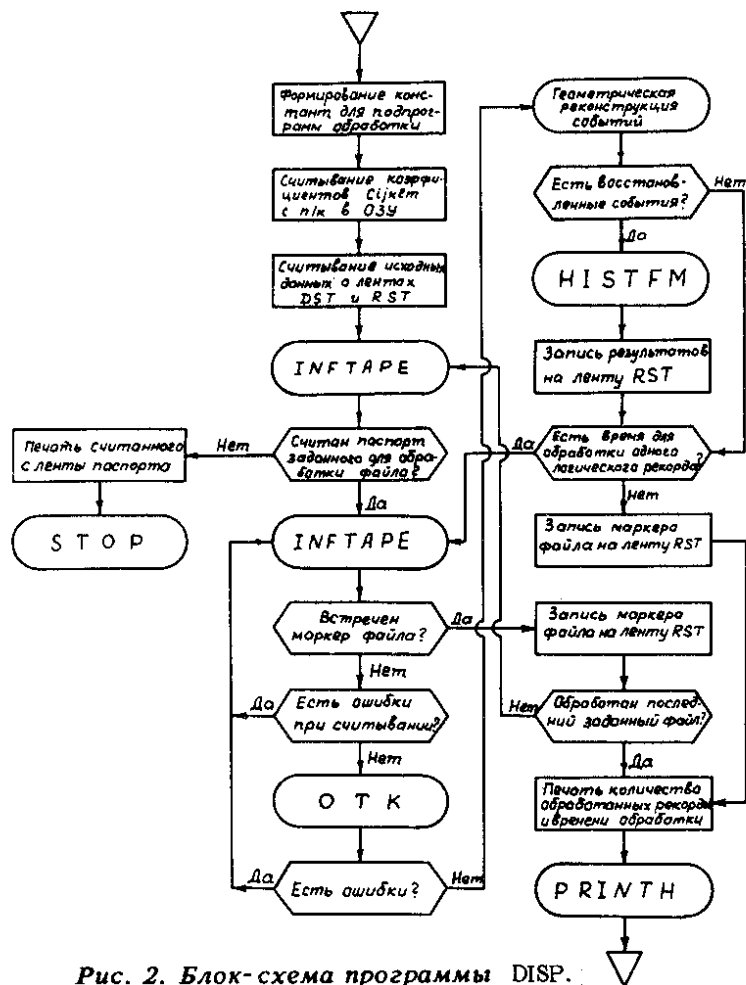


Рис. 2. Блок-схема программы DISP.

щие функции: проведение подготовки, необходимой для построения гистограмм, чтение первичной информации с ленты DST, контроль и декодировку этих данных, поиск и геометрическую реконструкцию событий, вычисление их кинематических характеристик, упаковку и запись результатов на ленту RST. Программа DISP заканчивает обработку либо по заданному числу обработанных файлов, либо по истечении заданного времени. В конце обработки печатались накопленные гистограммы.

Ниже приводится описание подпрограмм, вызываемых программой DISP.

II.1. Чтение информации с ленты DST

Чтение информации с ленты DST осуществлялось подпрограммой INF TAPE, которая после считывания с ленты DST каждого физического рекорда вызывала подпрограмму DECOD1 перекодировки 48-разрядных слов в 60-разрядные слова ЭВМ CDC-6500. Подпрограмма INF TAPE заканчивала работу после формирования массива данных, соответствующего одному логическому рекорду на ленте DST.

II.2. Контроль считанной информации

Массив данных, считанных с ленты DST, подвергался контролю по формату с помощью подпрограммы ОТК, алгоритм которой описан в работе ^{8/}. Использование подпрограммы ОТК на этом этапе обработки позволяло избавиться от ошибок, которые могли возникнуть в процессе переноса информации с одной ЭВМ на другую.

Для массива, прошедшего контроль без ошибок, или же сохранившего ошибки только в "словах события" или в "словах цикла" ^{8/}, формировалась таблица начальных адресов событий, которая далее использовалась подпрограммой декодировки событий. Если в процессе контроля обнаруживались ошибки в "словах искровой информации", то данный логический рекорд браковался.

II.3. Декодировка события

Процедура декодировки описана в работе ^{14/}. Подпрограмма DECOD преобразует адреса искр в пространственные координаты /в системе координат соответствующего сегмента камер/ с учетом поправок, вычисленных в результате программной юстировки камер, формирует массивы X- и Y-координат искр и заносит их в соответствующий массив. Процедура вычисления поправок описана в работе ^{14/}.

II.4. Распознавание прямолинейных треков

Подпрограмма TRACK из массива X- или Y-координат искр для текущего сегмента выбирает координаты, принадлежащие треку частицы. Координаты считаются принадлежащими треку, если их расстояния от прямой, проведенной через координаты искр в двух базовых плоскостях, не выходят за пределы заданной дорожки шириной $2d$ ^{12/}.

В качестве базовых сначала выбираются крайние плоскости сегмента; если при этом трек не удастся найти, проводится последовательное смещение базовых плоскостей от краев сегмента к его середине до тех пор, пока число плоскостей между базовыми камерами не окажется равным $NTMIN-2 / N'TMIN$ - заданное минимальное количество точек на треке/. Координаты искр в базовых камерах должны лежать в пределах $MASK1 \div \div MASK2$, а тангенс угла наклона прямой, проведенной через искры, - в пределах $S1 \div S2$.

После выбора искр в базовых плоскостях запоминаются координаты искр, лежащих в пределах выбранной дорожки, в плоскостях, расположенных между базовыми. При наличии двух искр в какой-либо плоскости, попадающих в пределы дорожки, выбирается искра, лежащая ближе к "базовой прямой". Трек считается найденным, если число принадлежащих ему искр не меньше $NTMIN$. В нашем случае, для сегментов, содержащих 6 и 5 камер, $NTMIN$ задавалось равным 4 и 3 соответственно.

Поиск трека начинался при минимальной полуширине дорожки, обычно $d_{\text{МИН}}=1$ мм. Если трек не найден, дорожка увеличивает-

ся на $2\Delta d$ /обычно $\Delta d=1$ мм/ и процедура поиска трека повторяется. Если трек найден, но число принадлежащих ему искр меньше числа плоскостей в сегменте, дорожка увеличивается сразу до $2d_{\text{МАКС}} / d_{\text{МАКС}}=6$ мм/, и ищутся искры в плоскостях, не давших вклада в трек.

Такой алгоритм поиска трека был обусловлен тем, что спектрометр настраивался на регистрацию одотрековых событий, а количество фоновых искр в камерах было мало. Среднее число искр в каждой камере на одно событие в типичных экспериментальных условиях составляло $1,0 \div 1,3$. Для каждого массива координат производился поиск двух треков. По два трека в сегменте находилось не более чем в 5% случаев.

Окончание работы подпрограммы TRACK происходило при выполнении одного из следующих условий:

- 1/ найдено заданное количество треков;
- 2/ количество оставшихся для дальнейшего анализа камер меньше NTMIN.

11.5. Геометрическая реконструкция событий

С помощью подпрограммы ANALIS проводилась геометрическая реконструкция событий, заключавшаяся в "сшивании" треков, оставленных частицей в сегментах искровых камер до и после анализирующего магнита. Если в каком-либо из сегментов было найдено два трека, то выбирался "лучший" из них. Критерием выбора "лучшего" трека служило расстояние Δ между точками пересечения прямых, аппроксимирующих треки во входном и выходном сегментах спектрометра, с вертикальной плоскостью, проходящей через середину анализирующего магнита. Предпочтение отдавалось такой комбинации X- и Y-проекций треков в обоих сегментах, для которой расстояние Δ оказывалось наименьшим.

При отсутствии Y-проекции трека в одном из сегментов искровых камер параметры ее задавались равными параметрам Y-проекции трека в другом сегменте. Если же отсутствовали Y-проекция треков в обоих сегментах, полагалось, что трек лежит в медианной горизонтальной плоскости магнита.

II.6. Вычисление импульса частицы

Импульс регистрируемой частицы вычислялся по координатам точек пересечения прямой, аппроксимирующей трек во входном сегменте, с плоскостью мишени (X_1, Y_1) , с плоскостью последней камеры этого сегмента (X_2, Y_2) и по углу отклонения ϕ частицы в магнитном поле из соотношения:

$$(pc)^{-1} = \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} \sum_{k=1}^{N_3} \sum_{\ell=1}^{N_4} \sum_{m=1}^{N_5} C_{ijklm} T_i(X_1) T_j(Y_1) T_k(X_2) T_\ell(Y_2) T_m(\phi),$$

где $T_\alpha(x)$ - полином Чебышева, а C_{ijklm} - вычисленный заранее набор коэффициентов для разбиения $/N_1, N_2, N_3, N_4, N_5/$ / описание этого метода вычисления импульса приведено в работе /13/. Для выбранного варианта разбиений $/N_1 = N_2 = N_3 = N_4 = 3$ и $N_5 = 6/$ набор коэффициентов C_{ijklm} состоял из 486 чисел, что позволяло вычислять импульсы с точностью $\sim 0,05\%$ /рис. 3а/.

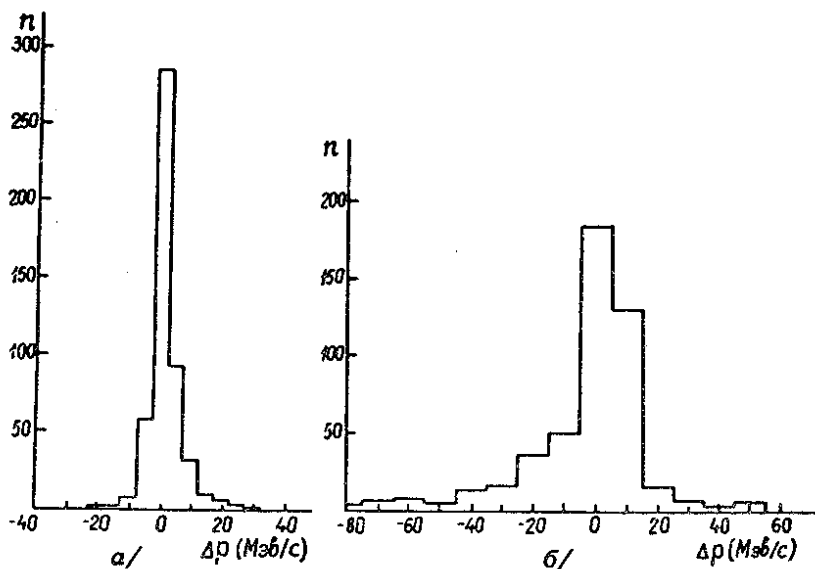


Рис. 3. Гистограмма точности вычисления импульсов по углу отклонения частицы полем анализирующего магнита: а/ с помощью коэффициентов разложения по полиномам Чебышева; б/ в приближении однородного поля.

Вычисление импульса в приближении однородного поля по формуле

$$p = c/\phi,$$

где константа c определялась заранее путем расчета траекторий частиц с заданными значениями импульсов в известном магнитном поле, приводило к определению импульсов лишь с точностью $\sim 0,2\%$ /рис. 36/.

II.7. Упаковка событий

Характеристики восстановленного события, а именно, параметры траектории частицы, ее импульс, угол отклонения в магнитном поле, время пролета и некоторые другие упаковывались в виде массива результатов с помощью подпрограммы PACK. В одно 60-разрядное слово CDC-6500 помещались две характеристики восстановленного события.

II.8. Накопление и печать гистограмм

В процессе формирования лент суммарных результатов проводилось накопление гистограмм с помощью подпрограммы HISTFM. Каждой гистограммируемой величине отвечал определенный порядковый номер гистограммы. Номера требуемых гистограмм, число каналов в каждой из них, шаг гистограммы и минимальное предельное значение гистограммируемой величины вводились с перфокарт в начале работы подпрограммой PREPH.

Печать каждой гистограммы осуществлялась программой HISTPR, обращение к которой в конце обработки для вывода всех накопленных гистограмм и печать заголовков к ним выполнялись подпрограммой PRINTH.

III. КРИТЕРИИ ОТБОРА СОБЫТИЙ

На третьем этапе обработки проводилось суммирование результатов со всех лент RST, относящихся к одинаковым экспериментальным условиям. Этот этап включал в себя чтение

данных с ленты RST, распаковку считанной информации, построение гистограмм и выдачу их на печать и на перфокарты. Осуществлялось это с помощью подпрограмм PREPH, UNPACK, HISTFM, HISTPR и PRINTH под управлением программы SPEKTR. Подпрограмма HISTFM была модифицирована так, чтобы можно было гистограммировать события, удовлетворяющие определенным критериям отбора /тестам/. Величина, по которой производился отбор событий, определяла номер теста. Номера тестов и пределы изменения соответствующих величин вводились с перфокарт подпрограммой PREPH.

Рассмотрим основные критерии отбора событий.

Среди всех восстановленных событий отбирались только такие, для которых прямые линии, аппроксимирующие треки во входном сегменте, выходили из области мишени. При этом учитывалось то обстоятельство, что из-за многократного кулоновского рассеяния в веществе входного сегмента спектрометра размер мишени как бы увеличивался. На рис. 4 приводится

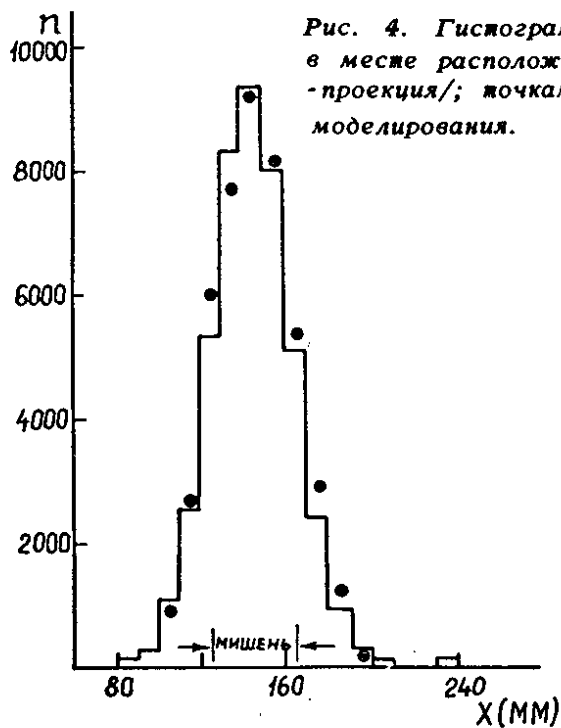


Рис. 4. Гистограмма профиля пучка в месте расположения мишени /XOZ-проекция/; точками показан результат моделирования.

гистограмма профиля пучка частиц в месте расположения мишени /XOZ-проекция/. Кругами показан результат моделирования этого профиля с учетом многократного рассеяния. При построении импульсных спектров учитывались события, попадающие в удвоенный размер мишени; события, выходящие за эти пределы, отбрасывались.

При достаточно тщательной юстировке экспериментальной установки расстояния Δ между точками пересечения прямых, аппроксимирующих треки во входном и выходном сегментах спектрометра, с вертикальной плоскостью, проходящей через середину магнита, должны быть малы. Гистограмма расстояний Δ приведена на рис. 5. Отбирались лишь те события, для которых $|\Delta| \leq 8$ мм.

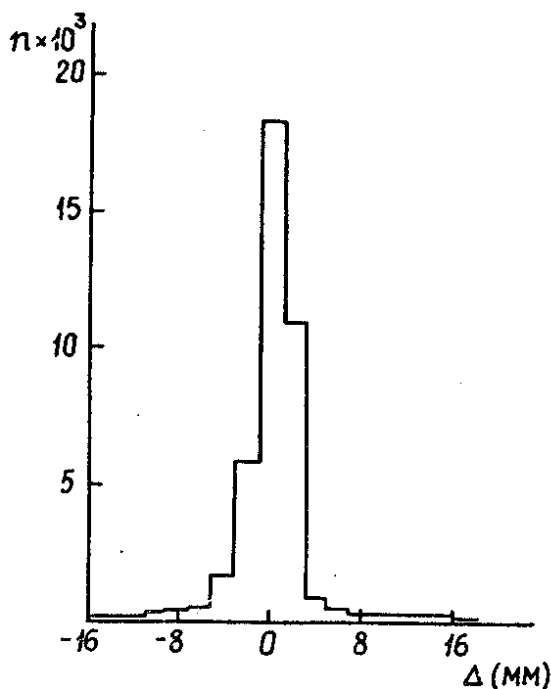


Рис. 5. Гистограмма расстояний между точками пересечения прямых, аппроксимирующих треки во входном и выходном сегментах спектрометра, с вертикальной плоскостью, проходящей через середину магнита.

Сравнение импульсных спектров, построенных без наложения и с наложением тестов, показывает, что процедура наложения тестов, очищая спектры от фоновых событий, мало меняет их форму.

В конце обработки печатались и выдавались на перфокарты накопленные гистограммы. Вывод импульсных спектров на перфокарты давал возможность проводить последующую обработку, не прибегая к лентам суммарных результатов.

IV. ВЫЧИСЛЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ СПЕКТРОВ

На последнем этапе обработки проводилась нормировка спектров, вносились поправки на геометрическую неэффективность спектрометра около границ исследуемого интервала импульсов, строились результирующие распределения в зависимости от различных кинематических переменных.

С целью расчета кривой геометрической эффективности спектрометра проводилось моделирование прохождения частиц через экспериментальную установку с учетом многократного кулоновского рассеяния. Эта процедура включала в себя вычисление коэффициентов CX_{ijklm} и CAX_{ijklm} разложения X-координаты и тангенса угла в XOZ-плоскости для частицы на выходе из магнитного поля по полиномам Чебышева, моделирование многократного рассеяния в однородном поглотителе, моделирование траекторий заряженных частиц в спектрометре.

IV.1. Вычисление коэффициентов CX_{ijklm} и CAX_{ijklm}

Для проведения траектории частицы с определенным импульсом через поле анализирующего магнита и получения X-координаты и тангенса угла отклонения ее в XOZ-плоскости на выходе из магнита вычислялись два набора коэффициентов CX_{ijklm} и CAX_{ijklm} по 486 чисел каждый. Процедура получения этих коэффициентов аналогична процедуре вычисления коэффициентов C_{ijklm} ^{/13/}. Формулы для вычисления коэффициентов CX_{ijklm} и CAX_{ijklm} имеют вид:

$$CX_{ijklm} = \frac{\sum_{rstuv} X_{rstuv} T_i(X_r) T_j(Y_s) T_k(X_t) T_l(Y_u) T_m(p_v)}{(\sum_r T_i(X_r))^2 \cdot (\sum_s T_j(Y_s))^2 \cdot (\sum_t T_k(X_t))^2 \cdot (\sum_u T_l(Y_u))^2 \cdot (\sum_v T_m(p_v))^2},$$

$$CA_{ijklm} = \frac{\sum_{rstuv} AX_{rstuv} T_i(X_r) T_j(Y_s) T_k(X_t) T_l(Y_u) T_m(p_v)}{(\sum_r T_i(X_r))^2 \cdot (\sum_s T_j(Y_s))^2 \cdot (\sum_t T_k(X_t))^2 \cdot (\sum_u T_l(Y_u))^2 \cdot (\sum_v T_m(p_v))^2},$$

где (X_r, Y_s) и (X_t, Y_u) - координаты точек на мишени и на последней камере 1-го сегмента, $p_v = (p \cdot c)^{-1}$, p - импульс частицы; X_{rstuv} и AX_{rstuv} - X -координата и тангенс угла отклонения частицы в XOZ -плоскости на выходе из магнита.

IV. II. Моделирование многократного кулоновского рассеяния

Вся установка разбивалась на N однородных слоев различной толщины. Задача состояла в вычислении пространственного и углового распределения частиц после прохождения однородного слоя вещества толщиной z .

Если выбрать систему координат с началом в точке падения частицы, а ось Z - вдоль направления ее движения, то число частиц на глубине z , имеющих из-за многократного кулоновского рассеяния боковое смещение в интервале от x до $x + dx$ и движущихся под углом к оси Z в пределах θ_x до $\theta_x + d\theta_x$, имеет вид /14/:

$$P(z, x, \theta_x) dx d\theta_x = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} \cdot \frac{1}{\theta_s^2 z^2} \exp\left[-\frac{4}{\theta_s^2} \left(\frac{\theta_x^2}{z} - \frac{3x\theta_x^3}{z^2} + \frac{3x^2}{z^3}\right)\right] dx d\theta_x.$$

/1/

Величина θ_s^2 , входящая в /1/, связана со средним квадратом угла рассеяния θ_s^2 соотношением /15/

$$\overline{\theta_s^2} = \frac{1}{2} \theta_s^2 \cdot z. \quad /2/$$

Для вычисления угла $\overline{\theta_s^2}$ использовалась формула /15/:

$$\overline{\theta_s^2} = 0,157 \frac{Z_A(Z_A+1)z_e^2 t}{A(pv)^2} \ln(1,13 \cdot 10^4 Z_A^{4/3} z_e^2 A^{-1} t \beta^{-2}), \quad /3/$$

где Z_A - атомный номер рассеивателя; A - атомный вес рассеивателя /в г/; t - толщина рассеивателя /в г·см²/; $p \cdot v$ - произведение импульса частицы на ее скорость /в МэВ/; z_e - заряд частицы; $\beta = v/c$.

Распределение /1/ можно преобразовать к произведению двух нормальных распределений /16/:

$$P(z, \xi, \eta) d\xi d\eta = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \xi^2\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \eta^2\right). \quad /4/$$

Новые переменные ξ и η связаны с переменными x и θ_x следующими соотношениями:

$$\theta_x = (\xi \sqrt{2 + \sqrt{3}} + \eta \sqrt{2 - \sqrt{3}}) \frac{\sigma_\theta}{2}, \quad /5/$$

$$x = (\xi \sqrt{2 + \sqrt{3}} - \eta \sqrt{2 - \sqrt{3}}) \frac{\sigma_x}{2},$$

где

$$\sigma_\theta = \theta_s \sqrt{\frac{x}{2}}, \quad \sigma_x = \theta_s z \sqrt{\frac{z}{6}}. \quad /6/$$

Алгоритм моделирования прохождения частицы с учетом многократного кулоновского рассеяния через поглотитель толщиной t состоит в следующем. С помощью датчика случайных чисел, равномерно распределенных в интервале $[0, 1]$, находились два числа γ_1 и γ_2 . Для получения двух чисел ξ и η , распределенных по нормальному закону с единичной дисперсией и нулевым средним значением, использовались соотношения

$$\xi = \sqrt{-2 \ln \gamma_1} \cos 2\pi \gamma_2, \quad /7/$$

$$\eta = \sqrt{-2 \ln \gamma_1} \sin 2\pi \gamma_2.$$

Далее по формулам /2/, /3/ и /6/ определялись σ_θ и σ_x , и из соотношений /5/ находились поперечное смещение x и угол θ_x относительно направления первоначального движения, вызванные многократным кулоновским рассеянием.

IV.3. Моделирование прохождения частиц через спектрометр

Как отмечалось выше, эффект многократного рассеяния частиц в веществе входного сегмента проявляется в профиле пучка, получаемом в месте расположения мишени. С учетом этого обстоятельства алгоритм моделирования траекторий частиц во входной ветви спектрометра состоял в следующем. Гистограмма профиля пучка на мишени в XOZ -плоскости / YOZ -плоскости/ аппроксимировалась гауссовским распределением со средним значением μ_x (μ_y) и дисперсией σ_x (σ_y). С помощью датчика $[0, 1]$ по формулам /7/ вычислялись два случайных числа A_{Mx} и A_{My} распределенных по нормальному закону. Координаты точки на мишени определялись из соотношений

$$X_M = \mu_x + A_{Mx} \cdot \sigma_x ,$$

$$Y_M = \mu_y + A_{My} \cdot \sigma_y .$$

С помощью датчика $[0, 1]$ находились два числа B_{Kx} и B_{Ky} и вычислялись координаты точки в месте расположения счетчика C_1 :

$$X_K = X_{K0} + B_{Kx} \cdot d_x ,$$

$$Y_K = Y_{K0} + B_{Ky} \cdot d_y ,$$

где X_{K0} и Y_{K0} - координаты начала сцинтиллятора счетчика C_1 в системе координат 1-го сегмента камер, d_x и d_y - размеры сцинтиллятора. Через разыгранные на мишени и сцинтилляторе счетчика точки проводилась прямая до пересечения ее с плоскостью последней камеры 1-го сегмента.

Далее координаты X_i и Y_i и углы выхода α_i^x и α_i^y трека частицы после прохождения ею однородного слоя вещества толщиной ℓ_i с учетом многократного кулоновского рассеяния находились из соотношений

$$X_i = X_{i-1} + DX_i \cdot \cos \alpha_{i-1}^x + \ell_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_{i-1}^x ;$$

$$Y_i = Y_{i-1} + DY_i \cdot \cos a_{i-1}^y + \ell_i \cdot \operatorname{tg} a_{i-1}^y;$$

$$a_i^x = a_{i-1}^x + \Delta a_i^x; \quad a_i^y = a_{i-1}^y + \Delta a_i^y, \quad (i = 1, 2, \dots, N),$$

где X_{i-1}, Y_{i-1} - координаты, a_{i-1}^x, a_{i-1}^y - углы трека частицы на входе в i -й рассеиватель; DX_i, DY_i и $\Delta a_i^x, \Delta a_i^y$ - линейные и угловые смещения в i -ом рассеивателе.

По двум разыгранным на мишени и на последней камере i -го сегмента точкам и по заданному импульсу p_n с помощью коэффициентов $CX_{ijk\ell m}$ и $CAY_{ijk\ell m}$ проводится траектория частицы через анализирующий магнит и определяются координаты и направление движения частицы на выходе из магнитного поля.

Если частица, пройдя всю установку, попадает в счетчик C_3 , то в канал гистограммы, соответствующий импульсу p_n , добавляется 1. Для каждого текущего импульса разыгрывается одинаковое число траекторий $N_{\text{тр}}$. Величина импульса изменяется от некоторого $p_{\text{нач}}$ до $p_{\text{кон}}$ с шагом Δp .

IV.4. Аппроксимация кривой геометрической эффективности спектрометра

Геометрическая эффективность спектрометра при некотором заданном импульсе определяется как отношение числа траекторий, попавших в счетчик C_3 , к числу $N_{\text{тр}}$. Кривая геометрической эффективности спектрометра приведена на рис. 6.

Спад кривой в области малых импульсов аппроксимировался с помощью распределения накопленной вероятности:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_F} \int_{-\infty}^x e^{-(t-\mu_F)^2/2\sigma_F^2} dt,$$

а в области больших импульсов - с помощью $f(x) = 1 - F(x)$;

μ_F и σ_F подбирались в процессе аппроксимации.

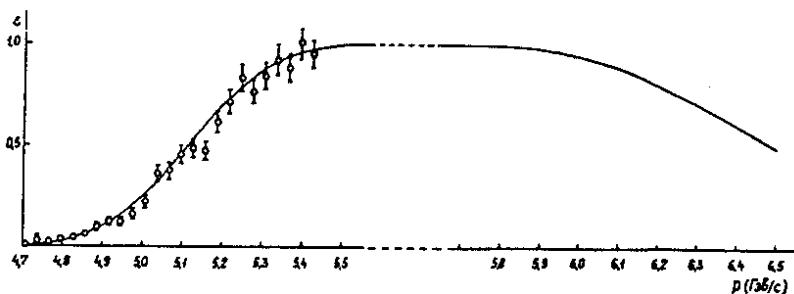


Рис. 6. Кривая геометрической эффективности спектрометра.

IV.5. Получение результирующих распределений

С помощью подпрограммы RESULT обрабатывались импульсные спектры, полученные при облучении разных мишеней / CD_2 , CH_2 , C , 6Li , 7Li , Al , Bi / протонами и дейтронами. Спектры частиц, рассеянных на протонах /дейтронах/, определялись методом вычитания спектров, полученных от мишеней CH_2 (CD_2) и C :

$$\frac{d^2N}{d\Omega \Delta p} = K_T(CH_2) \frac{d^2N(CH_2)}{d\Omega \cdot \Delta p} - \frac{d^2N(C)}{d\Omega \cdot \Delta p},$$

причем

$$K_T(CH_2) = \frac{\Sigma N(C)}{\Sigma N(CH_2)} \cdot \frac{n(C)}{n(CH_2)} \cdot K(CH_2/C),$$

где $\Sigma N(C)$ и $\Sigma N(CH_2)$ - сумма отсчетов от мишеней C и CH_2 , $n(C)$ и $n(CH_2)$ - число ядер углерода в мишенях C и CH_2 на 1 см^2 , $K(CH_2/C)$ - измеренное в отдельных опытах отношение выходов частиц от мишеней CH_2 и C .

Абсолютная нормировка импульсных спектров протонов и дейтронов описана в работах [18,19]. После нормировки импульсные спектры исправлялись с учетом геометрической неэффективности спектрометра около границ измеряемых импульсных интервалов.

Кроме импульсных спектров, вычислялись распределения в зависимости от разных кинематических переменных /продольной и поперечной составляющих импульса, быстроты, недостающей массы и т.д./; дифференциальное сечение $\frac{d^2\sigma}{d\Omega dp}$ пересчитывалось в инвариантную форму представления. Все распределения выдавались на печать в виде таблиц. Полный объем обработанной экспериментальной информации составил $\sim 2 \cdot 10^6$ событий.

Авторы выражают благодарность члену-корреспонденту АН СССР М.Г.Мещерякову за поддержку и постоянный интерес к работе, члену - корреспонденту АН СССР Н.Н.Говоруну за полезные обсуждения, операторам CDC-6500, оказавшим помощь в содействии при проведении обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажгирей Л.С. и др. ОИЯИ, I-10842, Дубна, 1977; ЯФ, 1978, т. 27, в. 4, с. 1027.
2. Ажгирей Л.С. и др. ОИЯИ, P13-6522, Дубна, 1972; ПТЭ, 1973, № 1, с. 255.
3. Ажгирей Л.С. и др. ОИЯИ, P1-10013, Дубна, 1976.
4. Ажгирей Л.С. и др. ОИЯИ, P1-10014, Дубна, 1976.
5. Ажгирей Л.С. и др. ОИЯИ, Д10,11-11264, Дубна, 1978, с. 441.
6. Загинайко В.А. ОИЯИ, 11-6005, Дубна, 1971.
7. Пузынина Т.П. ОИЯИ, Б2-11-7565, Дубна, 1971.
8. Ляшенко В.Ф. Программирование для цифровых вычислительных машин М-20, БЭСМ-3М, БЭСМ-4, М-220. Изд. "Советское радио", М., 1967.
9. FORTRAN Extended Reference Manual. CDC publication # 60305600.
10. SCOPE Reference Manual. CDC publication# 60305200.
11. UPDATE Reference Manual. CDC publication# 60449900.
12. Zanella P. JINR, P10-4245, Dubna, 1969.
13. Lechanoine G. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1969, 69, pp. 122-124.
14. Росси Б. Частицы больших энергий. Государственное издательство технико-теоретической литературы. М., 1955.
15. Люк К.Л.Юан, Ву Цзянь-Сюн. Принципы и методы регистрации элементарных частиц. Изд-во иностранной литературы. М., 1963.

16. Альбрехт К.-Ф. и др. ОИЯИ, Р1-7549, Дубна, 1973.
17. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. "Наука", М., 1973.
18. Ажгирей Л.С. и др. ОИЯИ, Р1-9265, Дубна, 1975; Труды У Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варшава, 1975; ОИЯИ, Д1,2-9342, Дубна, 1974, с. 264.
19. Ажгирей Л.С. и др. ОИЯИ, Р1-11455, Дубна, 1978; ЯФ, 1978, т. 28, 4/10/, с. 1005.

*Рукопись поступила в издательский отдел
12 июля 1979 года.*