



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

1569 / 2-80

7/4-80

1 - 13015

В.Б.Виноградов, Р.М.Гасанбеков,¹ А.С.Курилин,²
В.Г.Одинцов, Н.А.Русакович

О ВОССТАНОВЛЕНИИ
КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
В УСЛОВИЯХ СПЕКТРОМЕТРА "ГИПЕРОН"

¹ Институт физики АН АзССР, Баку

² Институт физики АН БССР, Минск

1980

В работах ^{/1,2/} предложен метод определения кинематических параметров треков заряженных частиц с учетом факторизованного представления информационных матриц. В работе ^{/3/} в рамках этого метода получено аналитическое представление для оценок параметров прямолинейных треков.

Настоящая работа посвящена описанию результатов восстановления кинематических параметров заряженных частиц с помощью развитого в работах ^{/1-3/} метода в условиях спектрометрического комплекса "Гиперон" ^{/4/}. Параметры частиц восстанавливались также с использованием более простого метода, предполагающего одинаковость полных ошибок в определении координат точек трека. Процедура получения оценок кинематических параметров с применением обоих методов восстановления была выполнена для различных конфигураций детектирующей аппаратуры установки "Гиперон".

Сравнение результатов восстановления треков с использованием разных методов позволило оценить точность восстановления кинематических параметров заряженных частиц и установить пределы применимости каждого из методов. Все расчеты, связанные с определением параметров, производились на моделированных событиях ^{/5/}.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Спектрометрический комплекс "Гиперон" ^{/4/} предназначен для исследования бинарных процессов

$$\pi^+ p \rightarrow K^+ X^+(X^+ = \Sigma^+, Y^+), \quad /1/$$

$$\pi^+ n \rightarrow K^+ X^0(X^0 = \Lambda, \Sigma^0, Y^0) \quad /2/$$

в области энергий 5-20 ГэВ.

Блок-схема одного из вариантов расположения детектирующей аппаратуры спектрометра приведена на рисунке. Установка "Гиперон" состоит из трех основных частей:

1/ пучкового спектрометра, создаваемого на основе 4-метрового магнита СП-129 и блоков пропорциональных камер ППК ₁₋₄. Служит для уточнения импульса первичной частицы;

2/ жидководородной /дейтериевой/ мишени с охранный системой;



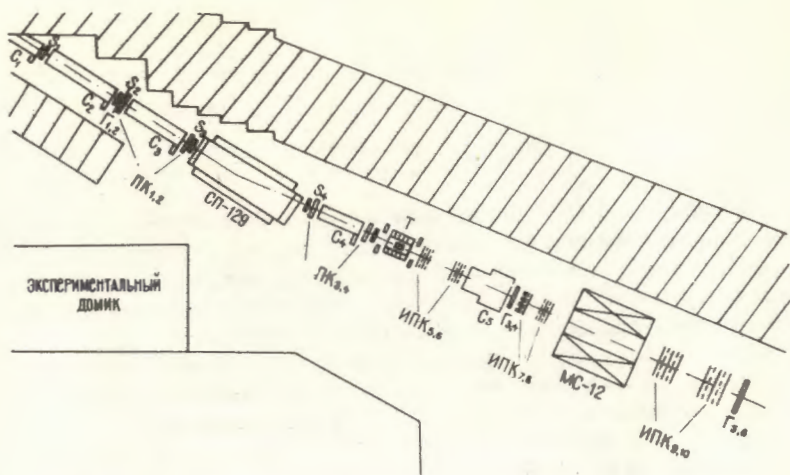


Схема расположения экспериментального оборудования установки "Гиперон".

3/ широкоапертурного магнитного искрового спектрометра, регистрирующего продукты взаимодействия /1/, /2/. Создан на основе электромагнита МС-12 и блоков искровых проволочных камер ИПК₅₋₁₀. Блоки камер ИПК₅₋₆ служат для определения угла рассеяния вторичной частицы. Блоки ИПК₇₋₈ определяют угол влета вторичной заряженной частицы в магнит МС-12, а блоки ИПК₉₋₁₀ - угол вылета из него.

Черенковские счетчики С₅¹⁶ и С₆ предназначены для идентификации вторичных заряженных частиц. Г₃₋₄ и Г₅₋₆ - сцинтилляционные годоскопы.

ГЕНЕРАЦИЯ ФИКТИВНЫХ СОБЫТИЙ

Для выделения бинарных процессов /1/, /2/ на установке "Гиперон" применен метод анализа недостающей массы к вторичному К⁺-мезону, вылетающему вперед под малыми углами. Продукты распада вторичных гиперонов вылетают через боковые стенки мишени и не оставляют следа в трековых детекторах установки. Поэтому все рассуждения, связанные с моделированием треков и восстановлением их кинематических параметров, будут касаться только вторичных К⁺-мезонов.

Фиктивные события, соответствующие реакциям /1/, /2/, генерировались с помощью моделирующей программы /5/, созданной на основе общей Монте-Карло программы вычисления фазового объема FOWL /7/. Для сгенерированных событий рассчиты-

вались траектории движения вторичных К⁺-мезонов в регистрирующих элементах спектрометра "Гиперон", а также в поле магнита МС-12. Эти траектории искажались с учетом действия случайных факторов: многократного кулоновского рассеяния и погрешности, связанной с неточностью определения координат частиц искровыми камерами /5,8,9/. Смоделированные таким образом события записывались на магнитную ленту в виде банка фиктивных данных и использовались в дальнейшем для определения кинематических параметров треков вторичных К⁺-мезонов.

РЕКОНСТРУКЦИЯ МОДЕЛИРОВАННЫХ СОБЫТИЙ

Как отмечалось выше, кинематические параметры треков восстанавливались с помощью двух методов:

а/ метода, описанного в работах /1-3/ и основанного на учете полной матрицы ошибок в факторизованном представлении. Параметры прямолинейного трека в рамках этого метода представляются в следующем виде: /3/

$$a = t_2 + \frac{\det \left[\sum_{i=2}^m \delta t_i W_i^T \right]}{\det W_1},$$

$$\frac{b}{\Delta s_1} = t_1 - t_2 + \frac{k(a - t_2)}{FP^T} + \frac{P \sum_{i=2}^m W_i \delta t_i}{FP^T}. \quad /3/$$

Здесь a - наклон трека, b - интерсепт, W_i , F , P - кулоновские матрицы ошибок, t_i - направление движения частицы в i -ой точке трека. Более подробно эти обозначения описаны в работах /1-3/;

б/ простого метода, в котором полагается, что полная ошибка в определении координаты каждой точки одинакова для всех точек трека. В этом случае параметры трека для YOX проекции запишутся следующим образом:

$$a_x = \frac{n \sum Y_i X_i - \sum Y_i \sum X_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2},$$

$$b_x = \frac{\sum Y_i \sum X_i^2 - \sum Y_i X_i \sum X_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}, \quad /4/$$

где X_i - координаты плоскостей искровых камер вдоль оси пучка /ось OZ направлена по пучку/, Y_i - координаты трека, $i = 1, \dots, n$.

По восстановленным с использованием методов а/ и б/ параметрам трека вычислялись следующие кинематические параметры вторичного K^+ -мезона: угол вылета из мишени θ , импульс P , недостающая к K^+ -мезону масса MM . Вычислялись также погрешности в определении кинематических параметров вторичного K^+ -мезона. Ошибка для рассчитанного значения какого-либо параметра принималась равной дисперсии распределения разности между восстановленным и "истинным" /смоделированным/ значениями этого параметра. Распределения были получены на статистике ~1 тыс. событий.

Реконструкция кинематических параметров K^+ -мезона производилась для различных конфигураций детектирующей аппаратуры в рамках изображенной на рисунке геометрии установки. Это позволило оценить точность восстановления параметров в зависимости от набора и конфигурации детекторов и их физических характеристик, таких, как: геометрическое разрешение детектора, составляющие детектор среды, их протяженность. Кроме того, при сравнении точностей восстановления параметров треков методами а/ и б/ были выделены конфигурации трековых детекторов, в которых применение одного из методов наиболее целесообразно, и определены граничные условия применимости каждого из методов.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Рассматривались следующие конфигурации детекторов для определения параметров вторичного K^+ -мезона:

1. Угол вылета частицы из мишени θ определяется по блокам камер ИПК $5-8$. Угол влета ее в магнит ϕ_1 - по блокам ИПК $7-8$, а угол вылета из магнита ϕ_2 - по блокам ИПК $9-10$ /импульс обратно пропорционален углу поворота частицы в магнитном поле: $P \sim \frac{\text{const}}{\phi_1 - \phi_2}$ /. Геометрическое разрешение ИПК бралось равным $\sigma_r = 300$ мкм.

2. Угол вылета из мишени и угол влета в магнит определялись по блокам ИПК $5-8$, а угол вылета из магнита - по блокам ИПК $9-10$, $\sigma_r = 300$ мкм.

3. Конфигурация детекторов такая же, что и для 1. Геометрическое разрешение проволочных детекторов принималось равным $\sigma_r = 50$ мкм.

4. Конфигурация детекторов аналогична 1. Геометрическое разрешение камер вычислялось по формуле: $\sigma_r = (200 + a_i \cdot 300)$ мкм, где a_i - случайное число, равномерно распределенное в интервале $[0,1]$, $i=1, \dots, n$; n - число плоскостей ИПК.

Результаты восстановления кинематических параметров вторичного K^+ -мезона, образованного в реакции /1/ при импульсе первичного пучка $P_0 = 10$ ГэВ/с, приведены в таблице. Восстановление параметров производилось с использованием методов а/ и б/.

Таблица

КОНФИГУРАЦИЯ	МЕТОД	$\Delta \theta = \frac{\Delta P_{\text{ист}} - P_{\text{вост}}}{P_{\text{вост}}}$ МРАД	$\frac{\Delta P_{\text{ист}} - P_{\text{вост}}}{P_{\text{вост}}}$ %	$\frac{\Delta P_{\text{ист}} - P_{\text{вост}}}{P_{\text{вост}}}$ МэВ	$\frac{\Delta P_{\text{ист}} - P_{\text{вост}}}{P_{\text{вост}}}$ %	$\frac{\Delta MM_{\text{ист}} - \Delta MM_{\text{вост}}}{\Delta MM_{\text{вост}}}$ МэВ	$\frac{\Delta MM_{\text{ист}} - \Delta MM_{\text{вост}}}{\Delta MM_{\text{вост}}}$ %
I	а	0,24	-	37,5	2	54,1	2
	б	0,24	-	38,3		52,1	
II	а	0,255	9	38,7	39	52,6	21
	б	0,281		63,9		66,3	
III	а	0,16	10	29,0	7,6	46,6	6,5
	б	0,18		31,4		47,6	
IV	а	0,24	4	36,2	7	50,0	2,3
	б	0,25		38,6		51,2	

Как следует из таблицы, в случае 1 оба метода дают одинаковый результат. Это объясняется следующим: в конфигурации 1 исключено влияние тяжелых рассеивающих сред, таких, например, как счетчик \check{C}_5 /наполнение - фреон 12, длина $l = 150$ см, давление до 2 атм/ на определение параметров частицы. Погрешность в определении параметров практически обусловлена геометрическим разрешением искровых камер. В конфигурации 2 влияние тяжелых сред на определение углов вылета частиц из мишени и влета их в магнит оказывается значительным. После прохождения частицей счетчика \check{C}_5 ошибка, обусловленная кулоновским рассеянием, преобладает над геометрической ошибкой в определении параметров трека. Применяв в этом случае метод, учитывающий полную матрицу ошибок, удастся на 10% точнее восстанавливать угол вылета частицы из мишени и на 40% - ее импульс, по сравнению с методом б/.

Конфигурация 3 аналогична 1. Отличие их состоит в том, что в случае 3 геометрическое разрешение проволочных детекторов составляло 50 мкм. Для этого случая кулоновские ошибки также превосходят геометрические погрешности измерений, и преимущество метода а/ очевидно. Параметры с его помощью восстанавливаются точнее на 10-15%.

В случае 4, когда искровые камеры имеют различную разрешающую способность, метод а/ позволяет эффективно "взвешивать" вклад каждой плоскости ИПК в определение параметров трека. Это позволяет на 5-7% точнее восстанавливать кинематические параметры частицы по сравнению с методом б/.

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Точность восстановления кинематических параметров вторичного K^+ -мезона удовлетворяет требованиям эксперимента по исследованию гиперзарядообменных процессов^{/4/} /требуемые точности восстановления параметров θ , P_{K^+} и MM равны $\Delta\theta = 0,3$ мрад, $\Delta P/P = 0,5\%$, $\Delta MM = 50$ МэВ/.

2. В случае, когда точность определения кинематических параметров частиц обуславливается геометрическим разрешением трековых детекторов и эти разрешения одинаковы для всех ИПК, целесообразно применять простой и удобный метод б/. Такая возможность реализуется, когда система трековых детекторов установки не содержит тяжелых сред.

3. Если в конфигурацию детекторов включены приборы с "тяжелым" наполнением и ошибка, обусловленная кулоновским рассеянием, доминирует над геометрической погрешностью в определении параметров трека, следует применять метод а/, учитывая полную матрицу ошибок в факторизованном представлении.

4. Метод а/ следует также применять, когда трековые детекторы имеют различные разрешающие способности.

Отметим также, что описанный в работах^{/1-3/} метод реконструкции параметров треков заряженных частиц и приемы его использования, а также результаты данной работы могут быть с успехом применены на других магнитных спектрометрах, подобных установке "Гиперон".

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Ю.А.Будагова и В.Б.Флягина за постоянный интерес к работе и ряд ценных советов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будагов Ю.А. и др. ОИЯИ, Р10-9950, Дубна, 1976.
2. Емельяненко Г.А., Одинцов В.Г. ОИЯИ, Р10-11127, Дубна, 1977.
3. Гасанбеков Р.М. и др. ОИЯИ, Р10-12712, Дубна, 1979.
4. Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 1-8948, Дубна, 1975.
5. Виноградов В.Б. и др. ОИЯИ, 1-10997, Дубна, 1977.
6. Будагов Ю.А. и др. ОИЯИ, Б1-1-11178, Дубна, 1977.
7. James F. FOWL CERN Program Library, w.505.
8. Альбрехт К.Ф. и др. ОИЯИ, 1-7305, Дубна, 1973.
9. Бережнев С.Ф. и др. ОИЯИ, Р10-8167, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 декабря 1979 года.