

Ц8406  
А-329

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



24/21-74

1 - 8251

4943/2-74

Г.Т.Адылов, Ф.К.Алиев, А.С.Водопьянов, И.Иоан,  
Т.С.Нигманов, Э.Н.Цыганов, С.Б.Нурушев,  
Л.Ф.Соловьев, Э.Далли, Д.Дрики, Дж.Томпкинс,  
П.Шепард

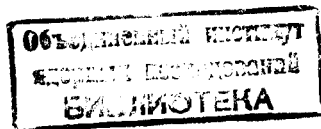
СИСТЕМА ПРОГРАММ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ  
ЭКСПЕРИМЕНТА  
ПО  $\pi^-$  УПРУГОМУ РАССЕЯНИЮ  
ПРИ ЭНЕРГИЯХ 40 И 50 ГЭВ

**1974**

**ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**

Г.Т.Адылов, Ф.К.Алиев, А.С.Водопьянов, И.Иоан,  
Т.С.Нигманов, Э.Н.Цыганов, С.Б.Нурушев,<sup>1</sup>  
Л.Ф.Соловьев,<sup>1</sup> Э.Далли,<sup>2</sup> Д.Дрики,<sup>2</sup> Дж.Томпкинс,<sup>2</sup>  
П.Шепард<sup>2</sup>

СИСТЕМА ПРОГРАММ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ  
ЭКСПЕРИМЕНТА  
ПО  $\pi^-p$  УПРУГОМУ РАССЕЯНИЮ  
ПРИ ЭНЕРГИЯХ 40 И 50 ГЭВ



<sup>1</sup> Институт физики высоких энергий, г. Серпухов.

<sup>2</sup> Калифорнийский университет, Лос-Анджелес.

## I. Введение

Изучение упругого  $\Pi^-$ -рассеяния на малые углы при энергиях налетающих  $\Pi^-$ -мезонов 40 и 50 ГэВ проводилось с помощью магнитного искрового спектрометра, описанного в работе /1/. Схема экспериментальной установки представлена на рис.1.

Система, состоящая из порогового черенковского счётчика (С.С.), спинтилляционных счётчиков (S, A, HALO) и проводочных пропорциональных камер (P.C.), регистрировала поток  $\Pi^-$ -мезонов, падающих на жидководородную мишень. Кроме того, она делала предварительный отбор событий, разрешая подачу высокого напряжения на магнетострикционные искровые камеры (S.C.) только при выполнении определенных критериев /1,2/. Координаты искр, возникающих в плоскостях камер вдоль траекторий частиц, и информация с других приборов с помощью регистрирующей электроники и ЭВМ HP2116B записывались на магнитные ленты.

Дальнейший анализ данных, накопленных на магнитных лентах, проводился с помощью программ, описанных ниже, на ЭВМ IC11906 в ИФВЭ (г.Серпухов).

Восстановление траекторий частиц, отбрасывание заведомо ненужных событий и запись новых данных об отобранном событии на вторичную ленту осуществлялось программой "TRACKFINDING". Для вычисления кинематических, геометрических и других параметров событий, записанных на эту ленту, использовалась программа "SUMX". События упругого рассеяния выделялись требованием, чтобы значения этих параметров находились в соответственно подобранных пределах.

Дифференциальное сечение  $\Pi^-$  упругого рассеяния, полученное после вычитания фона от пустой мишени и введения

других необходимых поправок, использовалось для определения параметра наклона дифференциального сечения и отношения реальной части амплитуды рассеяния вперед к мнимой.

## 2. Восстановление траекторий частиц и предварительный отбор событий

Реконструкция траекторий частиц осуществлялась программой "TRACKFINDING", написанной на основе программы, использованной при обработке данных эксперимента по определению радиуса  $\Pi^-$  - мезона.<sup>13/</sup>

В общей координатной системе, ось  $Z$  которой была направлена вдоль пучка первичных  $\Pi^-$  - мезонов, каждая искровая камера регистрировала координаты искр одновременно в  $X$  и  $Y$  проекциях. Ось  $Y$  была направлена вниз, а ось  $X$  имела направление, приводящее к правой системе координат.

Все камеры, координаты искр которых записывались на магнитную ленту, располагались в трех блоках. В первом блоке (до мишеней) находились 5 искровых и одна пара ( $X$  и  $Y$  плоскости) пропорциональных камер. Во втором и третьем блоках между мишенью и магнитом и после магнита содержалось соответственно 7 и 6 искровых камер. Одна камера в блоке I и по две в блоках II и III были повернуты на угол  $45^\circ$  относительно других камер.

Поиск и восстановление треков велись последовательно в  $X$ , затем  $Y$  плоскостях блока I, в  $X$ , затем  $Y$  плоскостях блока II и т.д. Если в какой-либо проекции блока не удавалось восстановить ни одного трека, программа прекращала дальнейший поиск треков и приступала к обработке следующего события. Нахождение треков и их параметров в каждой плоскости по координатам искр выполнялось

подпрограммами "FIND" и "LINET"<sup>13/</sup>. Для увеличения скорости обработки данных поиск треков в блоке I проводился в пределах пространственного разброса частиц пучка, а в каждом последующем блоке - в области допустимых продолжений траекторий, восстановленных в предыдущем. Для определения трека достаточно было в заданных пределах найти искры хотя бы в 3-х, 4-х, 3-х камерах в блоках I, II, и III соответственно. Это существенно уменьшало потери треков из-за неэффективностей камер. Параметры найденных треков вычислялись методом наименьших квадратов по координатам соответствующих искр.

Наличие искры в повернутых камерах, координаты которой в прямой системе координат использовались для определения трека как в  $X$  плоскости, так и в  $Y$  плоскости, указывало на то, что эти треки являются проекциями одного и того же пространственного.

Все комбинации найденных треков, которые могли описывать траекторию частицы, прошедшей через спектрометр, сортировались по следующим признакам:

а) в блоках II и III требовалось пространственное соответствие между треками в  $X$  и  $Y$  проекциях, определенное хотя бы по одной повернутой камере;

$$\text{б) } |x_{II} - x_I| < 5 \cdot \Delta x_m, |y_{II} - y_I| < 5 \cdot \Delta y_m, |y'_{II} - y'_I| < 5 \cdot \Delta y'_m,$$

$x_I, y_I, x_{II}, y_{II}$  - координаты треков в центре магнита,  
 $y'_I, y'_{II}$  - наклон треков блоков II и III,  $\Delta x_m = 0,1 \text{ см}$ ,  $\Delta y_m = 0,08 \text{ см}$ ,  
 $\Delta y'_m = 0,15$  мрад - среднеквадратичные значения этих разностей;

в)  $(P_0 - 10) \text{ ГэВ/с} < P < (P_0 + 2) \text{ ГэВ/с}$ , где  $P_0$  - средний импульс частиц пучка, а  $P$  - импульс, вычисленный по углу отклонения треков в магните;

г)  $r_{min} < 5 \cdot \bar{r}_{min}$ , где  $r_{min}$  - минимальное пространственное расстояние между треками блоков I и II, а  $\bar{r}_{min} = 0,04$  см.

При поиске треков вокруг траектории истинного трека могли быть найдены треки, восстановленные с использованием фоновых искр (так называемые генерированные треки). Поэтому каждой "траектории", составленной из треков по вышеупомянутым условиям, приписывалось число  $\chi^2$ , характеризующее эту "траекторию":

$$\chi^2 = \frac{1}{3} (\chi_{target}^2 + \chi_{magnet}^2 + \chi_{track}^2),$$

где

$$\chi_{target}^2 = (r_{min} / \bar{r}_{min})^2$$

$$\chi_{magnet}^2 = \frac{1}{3} \left[ \left( \frac{x_{III} - x_{II}}{\Delta x_m} \right)^2 + \left( \frac{y_{III} - y_{II}}{\Delta y_m} \right)^2 + \left( \frac{y'_{III} - y'_{II}}{\Delta y'_m} \right)^2 \right],$$

$$\chi_{track}^2 = \frac{1}{3} [\chi_{fit}^2 + \chi_{spark}^2 + \chi_{att}^2].$$

Здесь в величину  $\chi_{track}^2$  входили феноменологическим образом выбранные числа, в которых  $\chi_{fit}^2$  учитывало нормализованные среднеквадратичные отклонения искр от определенных по ним треков,  $\chi_{spark}^2$  учитывало суммарное число соответствующих искр вдоль треков, а  $\chi_{att}^2$  - число повернутых камер, отметивших соответствие между треками в X и Y плоскостях.

Далее отбор велся в два этапа. На первом этапе в каждой серии "траекторий", отличающихся только треками блока I, отбиралась "траектория", имеющая минимальное число  $\chi^2$ , которая затем проверялась следующими условиями:

1)  $\theta > \theta_{min}$ , где  $\theta$  - пространственный угол между треками блоков I и II, а  $\theta_{min} = 0,8$  мрад;

2)  $|z_{int} - z_{target}| < (L_{H_2} + L_c)/2 + r_{min}/\theta$ ,

где  $z_{int}$  - координата, в которой пространственное расстояние

между треками блоков I и II минимально,  $z_{target}$  - координата центра мишени,  $L_{H_2} = 50$  см - длина области мишени, наполненной жидким водородом, а  $L_c = 200$  см - общая длина области (между водородом и внешними окнами мишени), в которой поддерживался вакуум.

Если после первого этапа оставалось несколько траекторий, то среди них опять выбиралась траектория с минимальным  $\chi^2$ . Параметры треков, составляющих выбранную траекторию, вместе с остальной необходимой информацией о событии записывались на вторичную ленту.

Описанный выше процесс позволял отбрасывать большое число зарегистрированных событий, в которых частица проходила через спектрометр без взаимодействия. Но все же в некоторых таких событиях генерированные треки имитировали упругое рассеяние в основном на углы, близкие к  $\theta_{min}$ . Поскольку в дальнейшем ни кинематическими, ни геометрическими ограничениями нельзя полностью отбросить такие ложные события, то для изучения упругого рассеяния на малые углы отмечались события, в которых программа находила только один трек в каждой проекции блоков I и II. Число таких событий составляло более 50% от всех событий.

Треки, не взаимодействовавших частиц использовались для корректировки сдвигов координат камер относительно друг друга в каждом блоке независимо. Смещения систем координат блока I и блока III относительно блока II корректировались минимизацией угловых отклонений и координатных отклонений треков в центрах мишени и магнита. Угловое отклонение системы координат блока III в X плоскости определялось в специальных измерениях, проводимых с выключенным магнитом.

### 3. Отбор событий упругого рассеяния

Данные со вторичной ленты использовались программой "SUMX" для вычисления геометрических и кинематических величин, построения гистограмм распределения этих величин и выделения с помощью этих величин событий упругого рассеяния.

Угол рассеяния  $\theta$  определялся по параметрам треков блоков I и II. Импульс рассеянного пиона  $P_{\pi}$  вычислялся по углу отклонения частицы в магнитном поле. Первичный импульс пиона  $P_{inc}$  восстанавливался по углу рассеяния  $\theta$  и импульсу  $P_{\pi}$  путём использования кинематики упругого рассеяния пиона на протоне. Квадрат переданного четырехимпульса  $t$  вычислялся затем по формуле

$$t = -m_{\pi}^2 - 2 \cdot (E_{inc} \cdot E_{\pi} - P_{inc} \cdot P_{\pi} \cdot \cos \theta),$$

где  $E_{inc}$  и  $E_{\pi}$  - энергии первичного и вторичного пиона, а  $m_{\pi}$  - масса пиона.

Помимо точки взаимодействия  $Z_{int}$ , программа вычисляла координаты треков в плоскостях счётчиков  $S_{\pi}$ , A5, последней пары пропорциональных камер P.C. и декодировала информацию со счётчиков и аналогового решающего устройства.

Логика запуска искровых камер для событий, в которых частица прошла внутри рабочей области последней пары пропорциональных камер и вне её, отличалась //I/. Это вызвало необходимость раздельной обработки событий с малыми  $-t$ , описываемой здесь, и с большими  $-t$ , результаты которой представлены в работе //I/.

Точность определения  $Z_{int}$  не позволяла надёжно разделить события рассеяния на водороде мишени и фоновые события рассеяния вне его. Гистограмма распределения событий по  $Z_{int}$  (см. рис. 2)

использовалась для определения области, в которой не только мал вклад от фоновых событий, но и невелики потери событий рассеяния на водороде.

Сравнительно широкий пик (полуширина на полувысоте  $\pm 0,8\%$ ) распределения событий по  $P_{inc}$  (см. рис. 3) обусловлен был как импульсной дисперсией пучка, так и импульсным разрешением спектрометра  $\pm 0,5\%$ . Расширение области  $P_{inc}$  для увеличения доли первичных пионов, имеющих импульсы в пределах этой области, ограничивалось с другой стороны возрастанием вклада от неупругих взаимодействий.

Гистограммы распределений по  $t$  строились для событий, удовлетворяющих следующим условиям:

1. Первичный импульс  $P_{inc}$  должен быть в пределах  $\pm 2\%$  от среднего импульса пучка  $P_0$ .
  2. Вершина рассеяния  $Z_{int}$  не должна находиться далее 450 м от краев области мишени, заполненной водородом.
  3. Траектория частицы должна проходить внутри рабочей области ( $12 \times 12 \text{ см}^2$ ) последней пары пропорциональных камер.
  4. Не должно быть сигналов с  $\mu$ -мезонных счётчиков  $S_{\mu}$ .
- Кроме того, для исключения ложных событий, созданных программой "TRACKFINDING" с помощью генерированных треков, отбирались события, в которых в каждой плоскости было восстановлено только по одному треку.

#### 4. Заключение

Описанные программы позволяли успешно выделять события упругого  $P-p$  рассеяния, составляющие только  $\sim 1,5\%$  от всех зарегистрированных спектрометром событий. Всего было отобрано  $\sim 5000$  и  $\sim 8000$  событий при энергиях 40 и 50 ГэВ соответственно.

Авторы считают своим долгом поблагодарить дирекцию ИФВЭ за предоставленную возможность работы на ЭВМ ICL-1906 и дирекцию ЛВЭ ОИЯИ за постоянное внимание и поддержку.

Мы также благодарны К.Вала, А.Либерману, В.Л.Соловьянову за помощь на отдельных этапах данной работы и В.Гаевскому и Б.Ничипоруку за полезные обсуждения.

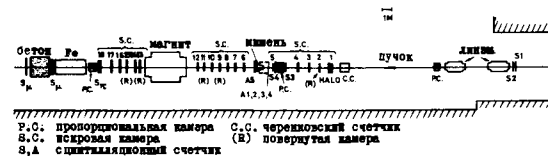


Рис.1. Схема расположения экспериментальной установки.

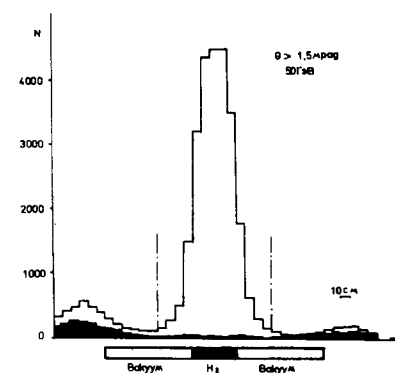


Рис.2. Распределения событий (ненормированные) в зависимости от координаты рассеяния  $Z$  в области мишени.

□ - полная мишень, ■ - пустая мишень. Штрих-пунктирными линиями обозначены границы "обрезания".

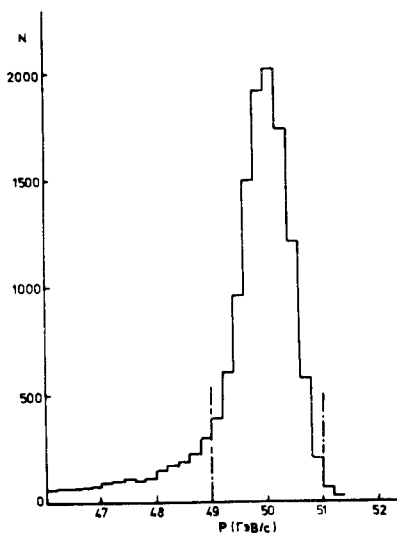


Рис.3. Распределение событий по восстановленному первичному импульсу  $P_{inc}$ . Штрих-пунктирными линиями обозначены границы "обрезания".

#### Литература

1. G.T.Adylov et al. JINR, E1-2934, Dubna, 1974 .
2. Z.Guzik et al. JINR, E13-6194, Dubna, 1971.
3. Г.Т.Адьялов и др. Сообщение ОИЯИ, I-8011, Дубна, 1974.  
Г.Т.Адьялов и др. Сообщение ОИЯИ, I-8012, Дубна, 1974.
4. A.A.Derevchikov et al. Phys. Lett., 48B, 367, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел  
6 сентября 1974 г.