

Ц8406
А-329

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



3980/2-74

2/2-74

1 - 8011

Г.Т.Адылов, Ф.К.Алиев, К.Вала,
А.С.Водопьянов, В.Гаевски, И.Иоан,
Т.С.Нигманов, Б.Ничипорук, Э.Н.Цыганов.

ПРОГРАММЫ ПОИСКА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ
СОБЫТИЙ
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО П-Е-РАССЕЯНИЮ
ПРИ ЭНЕРГИИ 50 ГЭВ.
Часть 1.

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Г.Т.Адылов, Ф.К.Алиев, К.Вала,
А.С.Водопьянов, В.Гаевски, И.Иоан,
Т.С.Нигманов, Б.Ничипорук, Э.Н.Цыганов.

**ПРОГРАММЫ ПОИСКА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ
СОБЫТИЙ**

**В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО П-Е-РАССЕЯНИЮ
ПРИ ЭНЕРГИИ 50 ГЭВ.**

Часть 1.

Изучение рассеяния π -мезонов на атомных электронах в жидководородной мишени при энергии 50 ГэВ осуществлялось с помощью установки, описанной в работе ^{/1/}. Схема расположения экспериментальной установки показана на рис. 1.

Основными элементами установки являются жидководородная мишень, магнит ^{/2/}, искровые камеры с магнитострикционным съемом информации ^{/3/} и пропорциональные камеры ^{/4/}. Камеры позволяли регистрировать координаты первичных и рассеянных в водородной мишени вторичных частиц. Импульсы рассеянных частиц определялись с помощью измерения угла отклонения в магните. Наличие в установке детекторов электронов ^{/5/} и μ -мезонов позволяло производить идентификацию рассеянных частиц.

На линии с установкой работала ЭВМ HP 2116B. Информация о каждом событии, отобранном с помощью сцинтилляционных и черенковских счетчиков установки, записывалась на магнитные ленты для проведения последующей обработки ^{/6,7/}.

В ходе последующей обработки необходимо было по координатам искр, зарегистрированных в каждой камере, восстановить траектории движения первичных и рассеянных в мишени вторичных заряженных частиц, а также для предварительного отбора событий вычислить их кинематические характеристики.

Такую реконструкцию осуществляли программы "MARK", "BEST PAIR" и "EAR SCAN", написанные на языке "FORTRAN".

В данной работе описывается структура программы "MARK" и логика работы отдельных ее блоков. Программы

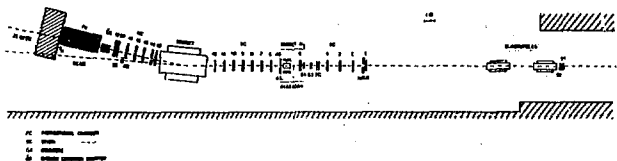


Рис. 1. Расположение экспериментальной аппаратуры на канале N 12 ИФВЭ.

"BEST PAIR" и "REAR SCAN" описаны в работе /8/.
 Исследованию эффективности работы этих программ при
 поиске π - e -событий посвящена работа /9/.

1. Общая характеристика условий поиска событий

В данном эксперименте, где исследуемая реакция имеет малое поперечное сечение, было необходимо использовать интенсивный поток падающих частиц. Высокая интенсивность приводила к большой загрузке искровых камер /в среднем около одной фоновой частицы за время памяти искровых камер/. Вследствие малых углов разлета вторичных частиц /в среднем около 8 мрад/ и узкого пространственного распределения первичного пучка фоновая загрузка существенно затрудняла поиск событий.

Анализ π - e событий, геометрия которых была восстановлена с помощью графопостроителя на ЭВМ БЭСМ-6 ОИЯИ /рис. 2а-2б, 3а-3б/, показал, что последние резко различаются по трудности восстановления рабочих треков /события с числом фоновых треков 0,1,2 . . ./. В связи с этим эффективность программ и скорость поиска и реконструкции событий с разным числом фоновых треков также существенно различаются.

Реконструкция событий осуществлялась с помощью поиска треков в системе координат, начало которой совпадало с центром первой камеры установки. Направление

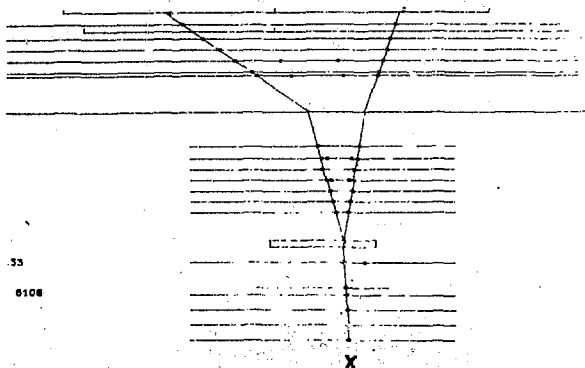


Рис. 2а. Топология π -е -события в камерах первого, второго и третьего блоков спектрометра в X-проекции, восстановленная с помощью графопостроителя на ЭВМ. X-проекция отличается от характерной вилки, т.е. V-топологии, из-за сдвига камер в третьем блоке и отклонения частиц в магнитном поле.

оси Z совпадало с направлением первичного пучка π -мезонов. Ось Y была направлена вниз, а ось X имела направление, приводящее к правой системе координат.

Все 19 камер установки, регистрирующие координаты треков одновременно в X- и в Y-проекциях, были объединены в три блока. В первом блоке /до жидководородной мишени/ содержалось 5 искровых и одна пропорциональная камера, для однозначной пространственной "сшивки" X- и Y-треков одна из искровых камер была повернута на угол 45° вокруг центра рабочей площади. Во втором и в третьем блоках, между мишенью и анализирующим магнитом и после магнита, содержалось, соответственно, 7 и 6 искровых камер, и две камеры в каждом блоке были повернуты.

При регистрации рассеяния π -мезонов на электронах в общем случае после мишени мы должны наблюдать в горизонтальной и вертикальной проекциях по два трека. В некоторых случаях, когда плоскость рассеяния пер-

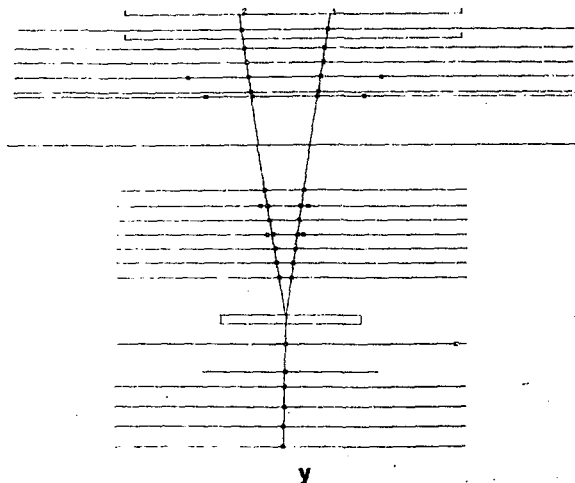
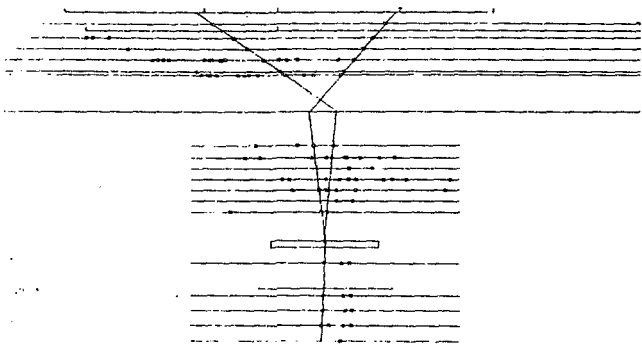


Рис. 26. Топология π - e -события, представленного на рис. 2а, в Y -проекции.

пендикулярна плоскости ZOX или ZOY , на одной из проекций будет зарегистрирована только один трек /так называемое "плоское событие"/. Аналогичная картина возникает, когда расстояние в проекции между вторичными треками события меньше пространственной разрешающей способности искровых камер. Программы реконструкции должны находить и восстанавливать и такие события.

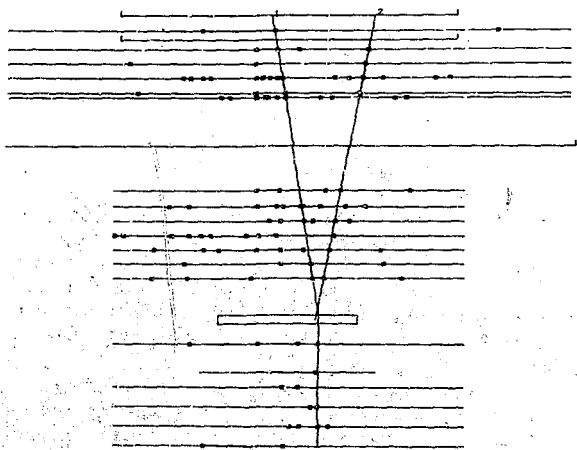
Программы поиска состояли из общей части, организующей работу всей программы, и отдельных подпрограмм, выполняющих операции чтения событий с магнитных лент, декодировки информации, поиска треков в блоках, реконструкции событий, вычисления кинематических параметров событий и записи результатов на вторичную магнитную ленту.

Рис. 36. Топология π - e -события, представленного на рис. 3а, в Y -проекции.



X

Рис. 3а. Топология π - e -события в X-проекции, поиск треков которого производился среди треков фоновых частиц, сопровождающих π - e -событие за время памяти искровых камер.



Y

В использованных программах были реализованы два подхода к поиску и реконструкции π - e -события.

Первый подход был основан на методе "прямого просмотра", т.е. на последовательном восстановлении треков π - e -события в каждом из трех блоков, начиная с первого, для последующей реконструкции события. К программам такого типа относились программы "MARK" и "BEST PAIR", которые, наряду с преимуществами, связанными с относительно независимым поиском треков в каждом из трех блоков, обладают рядом недостатков, приводящих к потере π - e -событий. Возможность восстановления треков π - e -события существенно уменьшается /особенно во втором блоке искровых камер/, если событие сопровождается двумя или тремя фоновыми частицами от пучка за время памяти искровых камер. Фоновая загрузка на единицу площади в камерах третьего блока значительно меньше, чем в камерах второго блока, так как пучок мало отклоняется магнитом и только часть его попадает в камеры третьего блока. Поэтому события с фоном легче восстанавливать, если поиск производится из третьего блока камер /метод "обратного просмотра"/. При этом для надежной реконструкции π - e -события необходимо произвести однозначную "сшивку" X- и Y-треков его в этом блоке.

Алгоритм такого поиска был заложен в программе "REAR SCAN", являвшейся дополнением к программам "MARK" и "BEST PAIR". При этом для событий, у которых плоскость рассеяния перпендикулярна плоскости ZOY, не удается однозначно восстановить пространственные треки, принадлежащие π - e -событиям, и требование однозначного восстановления пространственных треков в 3-м блоке приводило к потере некоторого количества событий. Кроме того, в событиях с большим числом фоновых треков в третьем блоке процедура однозначной пространственной "сшивки" треков не обладает 100%-ной эффективностью.

Как видно, оба алгоритма поиска и реконструкции событий имеют свои преимущества и недостатки. Их корректная комбинация позволила существенно поднять эффективность нахождения π - e -событий.

По этим двум алгоритмам был произведен обсчет всего экспериментального материала в опыте по π -e-рассеянию при энергии 50 ГэВ.

2. Программа предварительной фильтрации

событий ("MARK")

Программа "MARK," описанная в данной работе, представляет собой программу первичного отбора двухлучевых событий, близких к упругим. Она не вычисляла окончательные характеристики событий и служила только для фильтрации первичной информации.

События, удовлетворяющие определенным критериям отбора, записывались на магнитную ленту в оригинальном формате вместе с вспомогательными константами, вычисленными в процессе работы программы, для анализа в последующей программе "BEST PAIR".

А. Поиск и фитирование найденных треков выполнялись подпрограммами "FIND" и "LINET". Треки искались в X- и Y-плоскостях независимо.

По двум искрам пары опорных камер блока проводилась прямая, которая проецировалась на плоскость остальных камер блока. Выбор искр для предполагаемого трека проводился в остальных камерах блока по условию

$$|x_i - x| < \epsilon_i,$$

где x_i - координата i -той искры в данной камере, x - координата точки проекции опорной прямой на плоскость камеры, ϵ_i - малая величина, равная 4-кратной координатной точности камеры (σ) плюс двойная координатная ошибка опорных камер.

Если этому условию удовлетворяло несколько искр в камере, то для фитирования трека выбиралась искра, ближайшая к опорной прямой. Если число отобранных таким образом искр вблизи опорной прямой было больше

или равно некоторой заданной величине n_{min} , то по этим искрам методом наименьших квадратов определялись параметры трека. В случае, если какая-нибудь искра оказалась при этой дальности от фитированной прямой, чем на 4σ искра отбрасывалась, происходила проверка, нет ли в этой области более близкой искры, и трек фитировался снова. Считалось, что трек найден, если число искр на нем было больше или равно n_{min} , а нормированная сумма квадратов отклонений искр от трека не превышала χ^2_{max} .

Для исключения накопления одних и тех же треков производилось сравнение искр нового трека с искрами в соответствующих камерах каждого из предыдущих найденных треков. Новым считался трек, имеющий хотя бы одну новую искру /исключая искры в повернутых камерах/.

Далее цикл поиска треков повторялся, начиная с проведения новой прямой по следующим парам искр опорных камер.

При завершении перебора искр в первой паре опорных камер, программа проводила настройку цикла поиска треков по новой паре опорных камер и т.д. Число пар опорных камер было 6, 10, 6 в первом, втором и третьем блоках, соответственно.

Условия поиска треков приведены в табл. 1.

Поиск треков во втором блоке проводился только тогда, когда в первом блоке в каждой из проекций было найдено не менее одного трека. Поиск треков в третьем блоке выполнялся при условии, что во втором блоке было найдено не менее двух треков в одной из проекций.

Кроме того, треки второго блока должны были "сшиваться" в центре мишени с треками первого блока с допуском ± 13 мм, а треки третьего блока - в центре магнита с треками второго блока с допусками:

по координате треков в плоскости X - ± 12 мм;

в плоскости Y - ± 12 мм;

по параметру наклона треков в Y плоскости $\pm 1,5 \times 10^{-3}$ рад.

Б. Однозначное пространственное восстановление

Таблица 1

	1 блок	2 блок	3 блок
Минимальное число искр на трекe	3	4	3
Параметр наклона по X	$\pm 6,0$ мрад	$\pm 15,0$ мрад	$-60,0 + +120$ мрад
" " по Y	$\pm 6,0$ мрад	$\pm 15,0$ мрад	$\pm 16,0$ мрад

траекторий по трекам, найденным в X-и Y-плоскостях, производилось подпрограммой "АТІАСН". Для этой цели использовались повернутые искровые камеры. Координаты камер, зарегистрированных в собственной системе камеры, преобразовывались в общую систему координат спектрометра следующим образом:

$$X(i,j) = x_i \cos \phi - y_j \sin \phi \quad Y(i,j) = x_i \sin \phi + y_j \cos \phi .$$

Здесь x и y - координаты искр в собственной системе искровой камеры, X и Y - их координаты в общей системе, ϕ - угол поворота камеры, i и j - номера искр в x - и y -проекциях, соответственно, в произвольном порядке /например, в порядке возрастания координат/. Если x_i и y_j являются координатами одной и той же искры, то $X(i,j)$ и $Y(i,j)$ - ее правильные координаты в общей системе. Если в камере было зарегистрировано несколько искр и x_i и y_j - координаты разных искр, то вычисленные $X(i,j)$ и $Y(i,j)$ координаты являются ложными и в случае высокого пространственного разрешения никогда не совместятся с траекторией частицы в общей системе координат. Следовательно, имея искру в повернутой камере в преобразованной системе координат, хорошо укладывающуюся на фитированный трек в одной из проекций, мы имеем одновременно x_i и y_j - координаты этой искры в собственной системе камеры. Таким образом, чтобы однозначно связать в пространстве фитированный трек в одной из проекций с треком в другой проекции, необходимо отыскать в этой другой проекции трек, на котором координата искры в повернутой камере образована из тех же координат x_i и y_j в собственной системе камеры.

Подпрограмма "АТІАСН" давала подтверждение правильности X-Y -соответствия треков, если в пределах четырех стандартных отклонений от соответствующих треков в X- и Y -проекциях в повернутой камере можно было найти искры с совпадающими индексами ij .

В. Поиск двухлучевых событий выполнялся в подпрограмме "PAIR".

Вначале подпрограмма составляла матрицу сквозных

X- и Y-треков, характеризующих траекторию частицы от мишени до конца установки, из треков, найденных во втором и третьем блоках независимо. "Сшивание" треков второго и третьего блоков происходило в Z-позиции центра магнита с такими же допусками, что и при поиске треков. Для сквозных треков в X-плоскости вычислялись импульсы:

$$P = \frac{a_{3i}^{-\alpha} a_{2j}}{N},$$

где a_{3i} и a_{2j} - параметры наклонов i -го трека из третьего блока и соответствующего ему j -го трека из второго блока, N - константа, вычисленная с учетом угла поворота третьего блока камер относительно общей системы координат $/72,20 \text{ мрад}/$ и напряженности поля в магните. Для дальнейшего рассмотрения отбирались только такие сквозные треки в X-плоскости, импульсы которых лежали в интервале $10 \div 40 \text{ ГэВ}/с$. В каждой плоскости могло быть составлено не более 24×24 сквозных треков.

Из сквозных треков в X- и Y-плоскостях комбинировались сквозные пространственные треки. Для дальнейших вычислений использовались лишь такие пространственные треки, для которых подпрограмма "АТТАСН" давала подтверждение истинности пространственного X-Y соответствия хотя бы в одной из четырех повернутых камер второго и третьего блоков. Из двух таких пространственных треков комбинировалась пространственная "вилка", которая в дальнейшем проверялась на следующие геометрические и кинематические условия:

а/ сумма импульсов двух сквозных треков должна лежать в пределах $/50 \pm 5/ \text{ ГэВ}/с$;

б/ пространственный угол раскрытия вилки должен находиться в пределах $2 \div 13 \text{ мрад}$;

в/ Z-позиции вершины вилок, вычисленные независимо в X- и Y-плоскостях, должны совпадать друг с другом в пределах 5-кратной ошибки;

г/ Z-позиция вершины пространственной вилки должна лежать в границах мишени в пределах 5-кратной ошибки.

Затем была сделана попытка приписать первичный трек составленной таким образом пространственной вилке.

Если разность координат треков первого и второго блоков в Z-позиции точки взаимодействия в X-и Y-плоскостях лежала в пределах $\pm 0,8$ см, а поперечный импульс события - в пределах ± 75 МэВ/с, то такая попытка считалась удовлетворительной.

Событие, удовлетворяющее всем указанным условиям, считалось близким к типу упругого n -е события и переписывалось на вторичную ленту в сопровождении необходимых вычисленных величин /сумма мониторных отсчетов, константы и т.д./. Вся информация о событии, содержащая 216 слов, записывалась в виде целых чисел.

3. Определение констант для программ реконструкции и поиска

Для успешной реконструкции событий необходимо прежде всего определить параметры преобразования для переходов от систем координат, связанных с отдельными искровыми камерами, в общую систему координат.

Непосредственные геодезические измерения с достаточно высокой точностью расположения камер по X-и Y-координатам сопряжены со значительными техническими трудностями. Кроме того, в эксперименте могут происходить непланируемые смещения отдельных камер как из-за механических сдвигов камер, так и вследствие нестабильности считывающей магнитоотрицательной системы. Поэтому надежный способ получения параметров, характеризующих координатную систему установки, состоит в использовании треков зарегистрированных частиц. Подстройка сдвигов отдельных камер в блоке относительно общей системы координат блока, а также автоматическая подстройка цены одного отсчета системы регистрации производилась подпрограммой "DIDFIX".

Как сообщалось в работе^{/3/}, с целью прецизионного измерения координат на каждой искровой камере по краям ее чувствительного объема располагались реперные проволочки, индуцирующие в момент запуска камеры реперные сигналы в магнитоотрицательной линии. Расстояние

между двумя реперными проволочками было известно с точностью около 50 мкн. Отсчет координат в камере начинался от первого реперного сигнала, запускающего тактовый генератор. Сигнал от второй реперной проволочки регистрировался в одном из счетчиков, предназначенных для регистрации координат. Подпрограмма "DIDFIX" периодически производила коррекцию среднего значения отсчетов, соответствующего расстоянию между реперными проволочками. Для этого в координатных счетчиках в каждом запуске производился поиск отсчета реперного сигнала в диапазоне ± 6 отсчетов из известного ранее его среднего значения, и полученное по 50-ти отсчетам его новое среднее значение усреднялось с тем, которое использовалось ранее.

Кроме этого, подпрограмма "DIDFIX" производила также коррекцию сдвигов, т.е. констант, необходимых для преобразования координат искр из системы координат, связанной с камерой, в общую систему координат блока. Для этого в программе по найденным трекам вычислялось среднее значение сдвига каждой камеры. Новые значения сдвигов вычислялись с использованием 300 треков, усреднялись со старыми. Для устойчивости работы этого алгоритма оказалось существенным использование только надежных треков, с достаточно большим числом искр, однозначно связанных в X- и Y-проекциях.

Помимо подстройки констант искровых камер к координатной системе блока, производилась подстройка координатных систем первого и третьего блоков к координатной системе второго блока, с которой совпадала общая система координат спектрометра. Эти функции выполняла подпрограмма "FIXMAT". Подстройка производилась по фоновым пучковым трекам, проходящим через всю установку без взаимодействия. Отбирались треки с не менее чем 5,6 и 5 искрами в первом, втором и третьем блоках, соответственно, имеющие однозначное X-Y-соответствие. Коррекция сдвигов между блоками и относительных углов их поворота /за исключением угла поворота между вторым и третьим блоком в X-плоскости/ проводилась после набора 200 треков. Таким образом удалось обеспечить совмещение блоков камер между собой с точностью около 0,01 мм и 0,02 мрад.

Подпрограммы подстройки констант "DIDFIX" и "FIXMAT" непосредственно работали в программе предварительного отбора "MARK". Программы "BEST PAIR" и "REAR SCAN" использовали уже готовые константы, записанные программой "MARK" на ленту вместе с оригинальной информацией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По описанной выше программе было обработано $2,7 \times 10^6$ событий. Необходимо отметить, что некоторые алгоритмы, использованные в описанной системе программ, были заимствованы из программного обеспечения электронных экспериментов, имеющегося в SLAC.

В наибольшей степени это касается подпрограмм "DIDFIX" и "FIND". Некоторые алгоритмы были разработаны совместно с Д. Дрики, А. Либберманом и П. Шепардом^{6,7}, за что авторы пользуются случаем их сердечно поблагодарить.

Литература

1. G. T. Adylov et al. JINR, E13-6749, Dubna, 1972.
2. W. Gajewski et al. JINR, E13-6659, Dubna, 1972.
3. G. T. Adylov et al. JINR, E13-6658, Dubna, 1972.
4. Yu. V. Zanevsky et al. Nucl. Instr. & Meth., 100, 481 (1972).
5. G. T. Adylov et al. JINR, E1-6976, Dubna, 1973.
6. G. T. Adylov et al. JINR, E1-6907, Dubna, 1973.
7. G. T. Adylov et al. JINR, E1-6908, Dubna, 1973.
8. Г. Т. Адылов и др. ОИЯИ, 1-8012, Дубна, 1974.
9. Г. Т. Адылов и др. ОИЯИ, 1-8123, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 июня 1974 года.