

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



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.

Агз

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper legibility standards even though the best possible copy was used for preparing the master fiche.

Ранг публикаций Объединенного института ядерных исследований

Препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований /ОИЯИ/ являются самостоятельными публикациями. Они издаются в соответствии со ст. 4 Устава ОИЯИ. Отличие препринтов от сообщений заключается в том, что текст препринта будет впоследствии воспроизведен в каком-либо научном журнале или аperiodическом сборнике.

Индексация

Препринты, сообщения и депонированные публикации ОИЯИ имеют единую нарастающую порядковую нумерацию, составляющую последние 4 цифры индекса.

Первый знак индекса - буквенный - может быть представлен в 3 вариантах:

"Р" - издание на русском языке;

"E" - издание на английском языке;

"Д" - работа публикуется на русском и английском языках.

Препринты и сообщения, которые рассылаются только в страны-участницы ОИЯИ, буквенных индексов не имеют.

Цифра, следующая за буквенным обозначением, определяет тематическую категорию данной публикации. Перечень тематических категорий изданий ОИЯИ периодически рассылается их получателям.

Индексы, описанные выше, проставляются в правом верхнем углу на обложке и титульном листе каждого издания.

Ссылки

В библиографических ссылках на препринты и сообщения ОИЯИ мы рекомендуем указывать: инициалы и фамилию автора, далее - сокращенное наименование института-издателя, индекс, место и год издания.

Пример библиографической ссылки:

И.И. Иванов. ОИЯИ, Р 4985, Дубна, 1971.

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.

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

1-8011

Программа поиска и восстановления событий в эксперименте
по π -e -рассеянию при энергии 50 ГэВ (часть I)

Описана программа первичного отбора событий в эксперименте
по π -e-рассеянию на 50 ГэВ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна. 1974

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

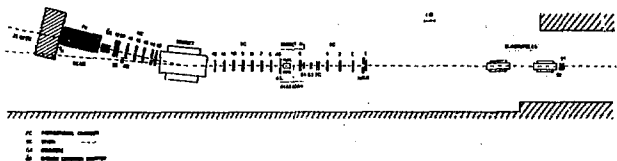


Рис. 1. Расположение экспериментальной аппаратуры на канале N 12 ИФВЭ.

"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

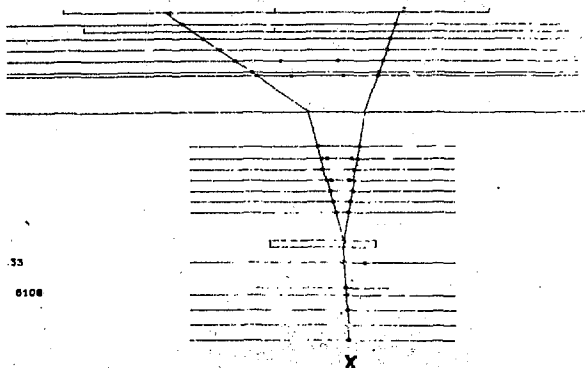
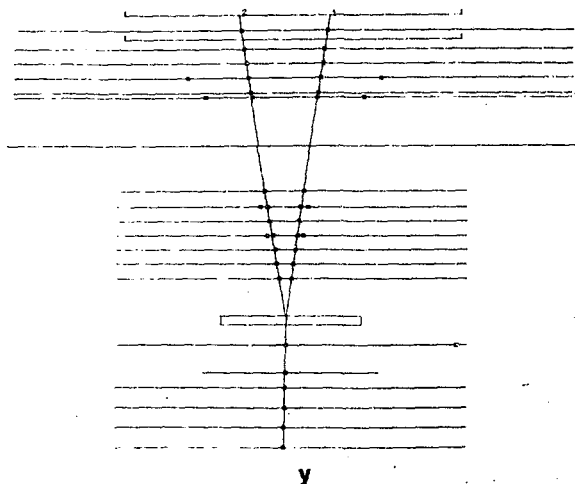


Рис. 2а. Топология π -е -события в камерах первого, второго и третьего блоков спектрометра в X-проекции, восстановленная с помощью графопостроителя на ЭВМ. X-проекция отличается от характерной вилки, т.е. V-топологии, из-за сдвига камер в третьем блоке и отклонения частиц в магнитном поле.

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-



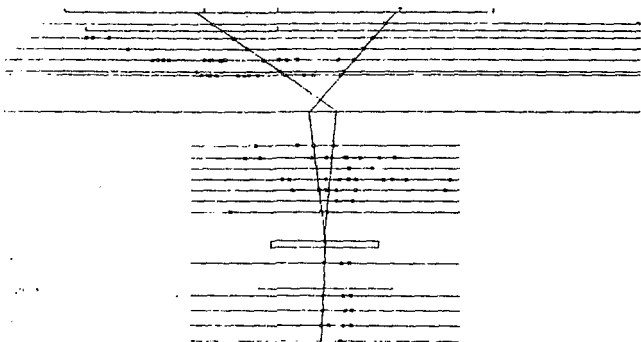
у

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 одна 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.

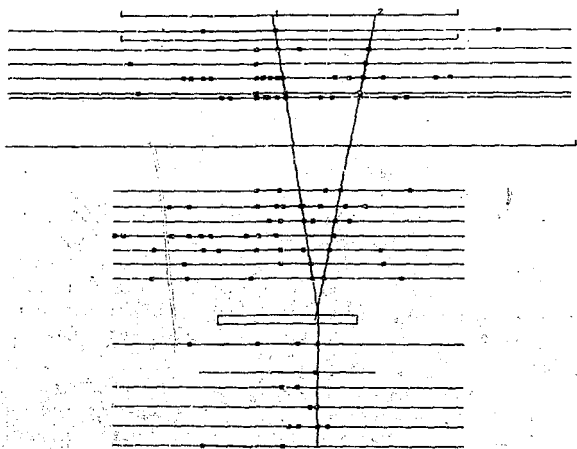
Программы поиска состояли из общей части, организующей работу всей программы, и отдельных подпрограмм, выполняющих операции чтения событий с магнитных лент, декодировки информации, поиска треков в блоках, реконструкции событий, вычисления кинематических параметров событий и записи результатов на вторичную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

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

где a_{3i} и a_{2j} - параметры наклонов i -го трека из третьего блока и соответствующего ему j -го трека из второго блока, H - 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 магнитострикционной 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 магнитострикционной 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.

Условия обмена

Препринты и сообщения ОИЯИ рассылаются бесплатно, на основе взаимного обмена, университетам, институтам, лабораториям, библиотекам, научным группам и отдельным ученым более 50 стран.

Мы ожидаем, что получатели изданий ОИЯИ будут сами проявлять инициативу в бесплатной посылке публикаций в Дубну. В порядке обмена принимаются научные книги, журналы, препринты и много вида публикация по тематике ОИЯИ.

Единственный вид публикаций, который нам присылать не следует, - это репринты /оттиски статей, уже опубликованных в научных журналах/.

В ряде случаев мы сами обращаемся к получателям наших изданий с просьбой бесплатно прислать нам какие-либо книги или выписать для нашей библиотеки научные журналы, издающиеся в их странах.

Отдельные запросы

Издательский отдел ежегодно выполняет около 3 000 отдельных запросов на высылку препринтов и сообщений ОИЯИ. В таких запросах следует обязательно указывать индекс запрашиваемого издания.

Адреса

Письма по всем вопросам обмена публикациями, а также запросы на отдельные издания следует направлять по адресу:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79.
Издательский отдел
Объединенного института
ядерных исследований.*

Адрес для посылки всех публикаций в порядке обмена, а также для бесплатной подписки на научные журналы:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79.
Научно-техническая библиотека
Объединенного института
ядерных исследований.*



Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Заказ 18278. Тираж 390. Уч.-изд. листов 0,85.
Редактор О.С.Виноградова. Подписано к печати 8/У111-74