

В - 624

1-81-33

ВОДОПЬЯНОВ

Александр Сергеевич

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РАЗМЕРОВ

π^- И K^- -МЕЗОНА

В ОПЫТАХ ПО π -е И K-е РАССЕЯНИЮ

ПРИ ЭНЕРГИЯХ 100 ГэВ И 250 ГэВ

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

ЦЫГАНОВ
Эдуард Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

БАРАНОВ
Павел Сергеевич

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

ГРАМЕНИЦКИЙ
Игорь Михайлович

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт физики высоких энергий, г. Серпухов.

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 1981 года в
" _____ " часов на заседании Специализированного совета Д-047.01.
02 при Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных
исследований, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан " _____ " _____ 1981 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета

М.Ф. Лихачев

М.Ф. ЛИХАЧЕВ

Актуальность проблемы. Изучение структуры элементарных частиц является одной из основных проблем физики высоких энергий. Измерение формфакторов нестабильных частиц, в отличие от опытов по исследованию электромагнитной структуры ядер и нуклонов, представляет собой более сложную задачу, поскольку нестабильные частицы не могут использоваться непосредственно в качестве частиц-мишеней. Так как π^- -мезон и K^- -мезон не обладают спином, они характеризуются только одним электромагнитным формфактором. Точное измерение формфакторов этих частиц является чрезвычайно важным при рассмотрении различных теоретических моделей.

Изучение упругого пион-электронного рассеяния является единственным модельно-независимым способом измерения формфактора π^- -мезона и его зарядового радиуса. Результаты первого прямого измерения радиуса пиона ^{1/1} указывали на необходимость проведения экспериментов в области больших переданных импульсов, где неточность пиона проявляется сильнее. Исследование упругого K^-e рассеяния является единственным методом измерения формфактора K^- -мезона в пространственно-подобной области передаваемых импульсов.

Немногочисленные экспериментальные данные о формфакторе K^- -мезона во времениподобной области передаваемых импульсов, полученные в экспериментах на встречных электрон-позитронных пучках, не позволяют сделать заключение о величине зарядового радиуса каона вследствие недостаточной точности и большой величины нефизической области передаваемых импульсов.

Цель работы - измерение электромагнитных формфакторов K^- -мезона и π^- -мезона в опытах по упругому K^-e рассеянию при энергиях 250 ГэВ и упругому π^-e рассеянию при энергиях 100 и 250 ГэВ и непосредственное сравнение этих формфакторов по результатам одного и того же эксперимента.

Новизна работы. Впервые измерен зарядовый радиус K^- -мезона. В экспериментах по K^-e и π^-e рассеянию при энергии 250 ГэВ проведено прямое сравнение электромагнитных размеров K^- -мезона и π^- -мезона. При энергиях 100 и 250 ГэВ измерен электромагнитный формфактор π^- -мезона и существенно уточнен его зарядовый радиус.

Практическая и научная ценность. Полученные в работе данные по электромагнитным формфакторам каона и пиона могут быть использованы для проверки различных теоретических моделей.

Одноплечевой магнитный спектрометр, созданный для экспериментов по K^-e и π^-e рассеянию, использовался впоследствии для экспериментов по каналированию частиц высоких энергий в монокристаллах ^{2/}.

Программы поиска и восстановления событий, разработанные для

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

анализа экспериментальных данных, могут быть использованы в электронных экспериментах, исследующих процессы упругого рассеяния.

Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы при планировании и проведении экспериментов на ускорителях более высоких энергий.

Апробация и публикации. Основные результаты диссертации докладывались на международных конференциях по физике высоких энергий в Тбилиси (1976 г.), в Токио (1978 г.) и в Мэдисоне (1980 г.) и опубликованы в работах 1-4/.

Объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Работа содержит 137 страниц, включая 61 рисунок, 13 таблиц и библиографический список литературы из 89 наименований.

Автор защищает:

1. Создание экспериментальной установки для изучения процессов упругого К-е и $\pi\pi$ -е рассеяния.
2. Результаты по исследованию характеристик дрейфовых камер, созданных для экспериментов по К-е и $\pi\pi$ -е рассеянию.
3. Создание комплекса программ поиска и восстановления упругих событий для экспериментов по К-е и $\pi\pi$ -е рассеянию.
4. Результаты измерения электромагнитного формфактора К-мезона и определения зарядового радиуса каона в опыте по К-е рассеянию при энергии 250 ГэВ.
5. Результаты измерения электромагнитного формфактора $\pi\pi$ -мезона и определения зарядового радиуса пиона в опытах по $\pi\pi$ -е рассеянию при энергиях 100 ГэВ и 250 ГэВ.
6. Результаты измерения отношения квадратов электромагнитных формфакторов каона и пиона в опытах по К-е и $\pi\pi$ -е рассеянию при энергии 250 ГэВ.

Во введении рассматриваются теоретические представления, лежащие в основе экспериментов по исследованию электромагнитных формфакторов, приводятся теоретические предсказания для зарядовых радиусов каона и пиона, обсуждаются основные экспериментальные результаты.

За последние пятнадцать лет было поставлено значительное количество экспериментов по изучению электромагнитного формфактора $\pi\pi$ -мезона. В большинстве этих экспериментов требовалось привлечение теоретических моделей либо для извлечения информации о формфакторе пиона (эксперименты по электророждению пионов, по рассеянию пионов на ядрах гелия, по обратному электророждению пионов), либо для экстраполяции данных в область малых переданных импульсов с целью определения зарядового радиуса пиона (эксперименты на

встречных электрон-позитронных пучках). Единственным модельно-независимым методом измерения электромагнитного формфактора пиона и определения его среднеквадратичного радиуса является измерение дифференциального сечения рассеяния $\pi\pi$ -мезонов на атомных электронах. Наиболее точным из этих экспериментов до сих пор был опыт по упругому $\pi\pi$ -е рассеянию при энергии 50 ГэВ/c, в котором было получено значение зарядового радиуса $\pi\pi$ -мезона $(0,78 \pm 0,10 \text{ фм})$.

Исследованию электромагнитного формфактора заряженного каона во времениподобной области было посвящено небольшое число экспериментов, выполненных на встречных электрон-позитронных пучках. Однако этих экспериментальных данных недостаточно, чтобы сделать экстраполяцию в пространственно-подобную область переданных импульсов и определить зарядовый радиус каона.

В первой главе описывается постановка эксперимента по К-е рассеянию при энергии 250 ГэВ и экспериментальная установка, созданная для экспериментов по К-е и $\pi\pi$ -е рассеянию. Эксперименты были поставлены на канале Мезонной лаборатории ФНАЛ (Батавия). Установка представляет собой одноплечевой магнитный спектрометр, состоящий из пропорциональных и дрейфовых камер, сцинтилляционных счетчиков, дифференциального черенковского счетчика, черенковского ливневого счетчика из свинцового стекла, жидководородной мишени, двух анализирующих магнитов, мюонного детектора и работает на линии с ЭВМ HP2100 (рис.1).

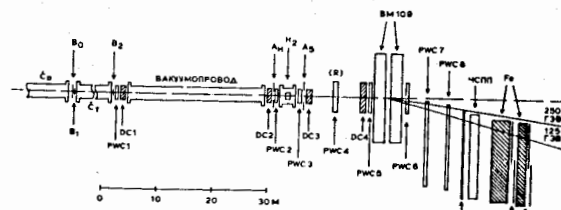


Рис.1. Блок-схема одноплечевого магнитного спектрометра для экспериментов по К-е и $\pi\pi$ -е рассеянию: PWC-пропорциональные камеры, DC-дрейфовые камеры, $B_0, B_1, B_2, A_1, A_5, MI-4$ - сцинтилляционные счетчики, C_D - дифференциальный черенковский счетчик, H_2 - жидководородная мишень, TT - триггерный годоскоп, ЧСП - черенковский ливневый счетчик, Fe - железный поглотитель.

дифференциального черенковского счетчика, черенковского ливневого счетчика из свинцового стекла, жидководородной мишени, двух анализирующих магнитов, мюонного детектора и работает на линии с ЭВМ HP2100 (рис.1). Траектории пучков частиц до мишени регистрируются двумя станциями пропорциональных камер (по четыре плоскости в каждой) и двумя модулями дрейфовых камер (по восемь плоскостей в каждом модуле), расположенными в первом блоке спектрометра. Антисовпадетельный счетчик A_1 с отверстием диаметром

5 см используется для отсечения "крыльев" пучка. Дифференциальный черенковский счетчик применяется для выделения каонов, содержание которых в пионном пучке составляет 2%. Жидководородная мишень, расположенная между первым и вторым блоками спектрометра, имеет диаметр 10 см и длину 50 см. С обоих торцов мишени имеются вакуумные рукава длиной 1 м, которые способствовали надежному отделению событий из водорода от событий из окружающего материала. Жидкий водород был выбран в качестве мишени, потому что такая мишень имеет наибольшую плотность электронов на единицу веса и дает наименьшие радиационные потери энергии для вторичных электронов. Кроме того, поправка на поглощение каонов и пионов для такой мишени является минимальной.

Траектории частиц после рассеяния измеряются тремя станциями пропорциональных камер и двумя модулями дрейфовых камер второго блока спектрометра. Одна из станций пропорциональных камер (PWS4) повернута на угол 45° для пространственного сопоставления треков в X- и Y-проекциях. Антисовпадательный счетчик A_5 с латунным конвертером и с отверстием диаметром 10 см служит для подавления запусков от неупругих взаимодействий в мишени. Импульсы частиц измеряются с помощью двух магнитов типа BM109, имеющих апертуру 20 см x 60 см x 183 см и напряженность магнитного поля 18,5 килोगаусс. Частица с импульсом 250 ГэВ/с, проходя оба магнита, отклоняется на угол 8,4 мрад. Траектории частиц за магнитами регистрируются тремя станциями пропорциональных камер. Идентификация вторичных электронов и измерение их энергии производится с помощью годоскопического черенковского ливневого счетчика из свинцового стекла.

Для отбора пучковых каонов требуется совпадение сигналов от сцинтилляционного годоскопа MN (не показан на рисунке), сцинтилляционных счетчиков B_0, B_1, B_2 , дифференциального черенковского счетчика C_D и отсутствие сигнала от счетчика A_H . Кроме того, надо, чтобы пропорциональными и дрейфовыми камерами первого блока была зарегистрирована только одна частица.

Для запуска спектрометра в случае K-е событий необходимо наличие сигналов от пучкового монитора, черенковского ливневого счетчика, сигнала, оказывающего на регистрацию пропорциональными камерами PWS5 и PWS6 по крайней мере двух частиц, и отсутствие сигнала от счетчика A_5 .

В случае 77-е событий для запуска спектрометра нужно дополнительное срабатывание триггерного годоскопа ТГ, регистрирующего рассеянные пион и электрон. При определении дифференциального сечения 77-е рассеяния следует учитывать вклад, который дает мюонная компонента пучка, рассеиваясь на электронах мишени. Идентифика-

ция мюон-электронных событий производится с помощью мюонного детектора, состоящего из железного поглотителя и четырех сцинтилляционных счетчиков MI-4. Для уменьшения количества вещества между детекторами спектрометра и внутри апертур магнитов установлены полиэтиленовые мешки, наполненные гелием.

Для контроля параметров пучка в течение набора статистики в логике запуска осуществлена возможность периодического (каждый десятый) запуска установки от пучкового монитора.

Установка работает на линии с ЗМ НР2100, производящей прием, накопление, запись на магнитную ленту и предварительную обработку информации и осуществляющей контроль за работой детекторов.

Во второй главе рассматриваются вопросы исследования характеристик дрейфовых камер, созданных для экспериментов по K-е и 77-е рассеянию, приводятся их основные параметры, обсуждаются вопросы работы камер в экспериментальной установке.

В спектрометре использовались четыре модуля дрейфовых камер, каждый из которых содержит четыре X-плоскости и четыре Y-плоскости в одном газовом объеме. В основе электрической схемы камер положен принцип формирования электрического поля в дрейфовом промежутке с помощью проволочных электродов. Максимальная длина дрейфа составляет 21 мм. Для устранения левосторонней неоднозначности сигнальные проволочки соседних плоскостей сдвинуты друг относительно друга на 21 мм. В качестве рабочего газа использовалась смесь, состоящая из аргона (67,2%), изобутана (30,3%) и паров метилалля (2,5%).

Камеры испытывались от радиоактивного источника и на пучке пионов с импульсом 150 ГэВ/с. В процессе испытаний дрейфовых камер от радиоактивного источника исследовались следующие характеристики камер:

- 1) амплитудный спектр сигналов для каждой проволочки от гамма-источника с энергией 5,9 кэВ (Fe^{55}) при нескольких значениях анодного напряжения,
- 2) амплитуда сигналов от Fe^{55} как функция расстояния коллимированного источника от сигнальной проволочки вдоль области дрейфа,
- 3) эффективность каждой плоскости к электронам с минимальной ионизацией как функция анодного потенциала,
- 4) шум, то есть скорости одиночного счета для каждой проволочки в зависимости от анодного напряжения,
- 5) временной спектр сигналов от диффузного пучка электронов с целью определения скорости дрейфа и оценки возможной координатной точности.

Во время испытаний камер на пучке пионов исследовалась зависи-

мость средней эффективности камер от анодного напряжения при различной интенсивности пучка, зависимость пространственного разрешения камер от расстояния от сигнальной проволоочки при различном анодном напряжении, зависимость средней координатной точности от анодного напряжения и от интенсивности падающего пучка. Пространственное разрешение является

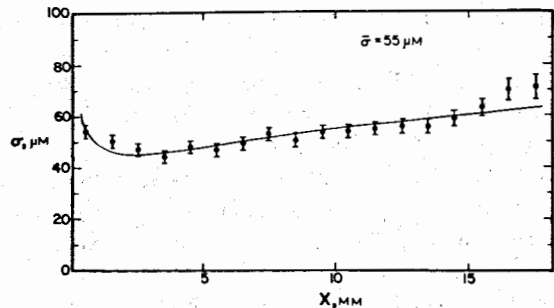


Рис. 2. Координатная точность дрейфовой камеры в зависимости от расстояния от сигнальной проволоочки.

наилучшим для дрейфовых камер. Другой

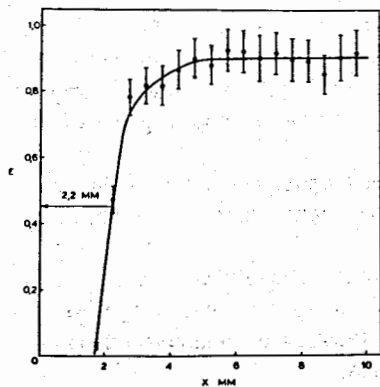


Рис. 3. Эффективность регистрации второго сигнала в дрейфовой камере в зависимости от расстояния между двумя треками.

важнейшей характеристикой дрейфовых камер. На рис. 2 представлена координатная точность дрейфовой камеры в зависимости от длины дрейфа, полученная в эксперименте при низкой загрузке камер. Средняя координатная точность составляет 55 мкм.

Этот результат до сих пор является

важной характеристикой камер в нашем эксперименте являлось двухтрековое разрешение, то есть эффективность регистрации второго сигнала с сигнальной проволоочки, когда через один дрейфовый промежуток проходят две частицы. Двухтрековое разрешение определяется в основном шириной импульса с проволоочки и в нашем случае составляет 2,2 мм (рис. 3).

Использование дрейфовых камер позволило существенно улучшить разрешение спектрометра по поперечному импульсу (~ 8 МэВ/с) и повысить точность восстановления вершины события. Геометрия со сдвинутыми на половину дрейфового промежутка

сигнальными проволоочками позволила разделять два близких трека, начиная с расстояния 0,3–0,5 мм, что в несколько раз лучше, чем в случае пропорциональных камер.

В третьей главе диссертации рассматриваются вопросы создания программ для обработки экспериментальных данных, полученных в экспериментах по К-е и $\pi\pi$ -е рассеянию.

Поскольку в экспериментах измерялось абсолютное сечение реакций упругого К-е и $\pi\pi$ -е рассеяния, была создана высокоэффективная система программ выделения упругих событий. Эти программы включают в себя программу предварительной фильтрации событий PRECUT, программу геометрической реконструкции событий BEST, программу кинематического фитирования событий FIT и программу обработки пучковых запусков установки и сеансов с выключенным магнитом BEAM.

В экспериментах по К-е и $\pi\pi$ -е рассеянию при энергии 250 ГэВ на магнитные ленты было записано около 10^7 запусков установки, из которых менее 1% составляют упругие события. Программа PRECUT производит предварительный отбор кандидатов в упругие события, используя некоторые особенности зарегистрированных событий, которые нехарактерны для упругого рассеяния. К таким особенностям относятся завышенное или заниженное по сравнению с упругим событием число координат в камерах второго и третьего блоков спектрометра, некомпланарность события и т.д. Поскольку сформулировать однозначные критерии отбора довольно трудно, программа работала вероятностным образом, увеличивая суммарный феноменологический хи-квадрат события в зависимости от числа и силы нехарактерных для упругого события признаков. Величина хи-квадрат затем используется для отбора кандидатов в упругие события. При этом обеспечивается сохранение упругих событий с вероятностью, близкой к единице.

По программе PRECUT была обработана вся имевшаяся статистика. Коэффициент отбора в среднем составил 4,3; эффективность сохранения полезных событий равнялась 99,6%. На обработку одной магнитной ленты (20000 событий) на ЭВМ CDC-6600 требовалось 5 минут. Выходная информация записывалась на магнитную ленту в оригинальном формате.

Блок-схема программы геометрической реконструкции событий BEST приведена на рис. 4. В качестве исходной информации она использует события, отобранные программой предварительной фильтрации событий. Управляющая подпрограмма MAIN вызывает следующие подпрограммы: INREAD – чтение констант с карт, RD – считывание массива данных с магнитной ленты, TRACK – подпрограмма, организующая декодировку информации, поиск треков и восстановление пространственных "вилки",

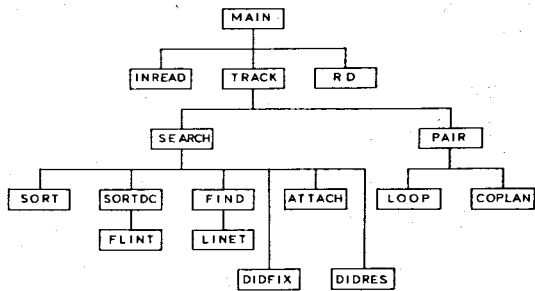


Рис. 4. Блок-схема программы геометрической реконструкции событий.

в определении координаты частицы относительно сигнальной проволочки, подпрограмма FLINT производит выделение и устранение так называемых "зеркальных" координат. Эта процедура позволила значительно сократить количество ложных треков и поднять качество восстановления событий.

Поиск и фитирование треков методом наименьших квадратов выполняются подпрограммами FIND и LINET. Треки ищутся по блокам спектрометра независимо в X- и Y-проекциях. Пространственное сопоставление треков осуществляется подпрограммой ATTACH.

Реконструкция "вилок" из треков производится в подпрограммах PAIR, LOOP и COPLAN. При этом треки, составляющие пространственную "вилку", должны удовлетворять ряду геометрических и кинематических критериев.

Для надежной реконструкции событий нужно знать параметры преобразования координат из систем координат отдельных камер в общую систему координат спектрометра. Исходные величины этих параметров определяются при обработке сеансов с выключенным магнитом специальной программой BEAM и по геодезическим измерениям. Однако в ходе эксперимента могут происходить непланируемые смещения отдельных камер. Подпрограммы DIDFIX и DIDRES учитывают связанные с такими смещениями изменения параметров преобразования координат при работе программы геометрической реконструкции.

Кинематическое фитирование событий, отобранных программой геометрической реконструкции, производится с учетом ограничений, накладываемых законами сохранения энергии и импульса на упругое рассеяние. При фитировании допускается, что электрон может испустить гамма-квант при прохождении через вещество спектрометра в направлении своего движения.

а также запись отобранных кандидатов на выходную магнитную ленту для дальнейшего анализа.

Декодировка координат пропорциональных и дрейфовых камер осуществляется подпрограммами SORT и SORTDC. Поскольку в дрейфовых камерах существует лево-правая неоднозначность

Окончательный отбор упругих событий осуществлялся по величине хи-квадрат события и энергии излученного фотона, определяющихся в результате фитирования событий, по Z-координате восстановленной вершины взаимодействия в мишени и по величине нормализованной амплитуды импульса от черенковского ливневого счетчика.

По программам геометрической реконструкции и кинематического фитирования событий был отработан весь экспериментальный материал и было выделено около 10 тысяч событий упругого 77-е рассеяния в эксперименте при энергии 100 ГэВ, около 14 тысяч событий 77-е рассеяния и около 2 тысяч событий К-е рассеяния в экспериментах при энергии 250 ГэВ.

В четвертой главе рассматривается процедура вычисления поправок к дифференциальному сечению, измеренному в эксперименте, описывается вычисление электромагнитных формфакторов каона и пиона, проводится обсуждение полученных результатов и сравнение их с теорией.

Для того, чтобы получить дифференциальное сечение упругого рассеяния, необходимо знать распределение отобранных событий в зависимости от квадрата переданного импульса, полное число каонов, прошедших через установку, и количество электронов в мишени. Кроме того, необходимо принять во внимание различные физические и аппаратные эффекты, которые вводятся в форму поправок к числу упругих событий и к числу пучковых частиц. Поправки являются важным аспектом эксперимента, поскольку систематическая ошибка в конечном результате прямо зависит от точности вычисления поправок. Всего было учтено около 15 поправок, часть из которых зависела от q^2 , другие входили в виде постоянного множителя.

Наибольшими из поправок, не зависящих от q^2 , являются рассчитанная методом Монте-Карло поправка на распады пучковых каонов ($1,5 \pm 0,1\%$), а также рассчитанные на основе экспериментальных данных о каон-ядерных сечениях взаимодействий^{/3/} и об известном количестве вещества в мишени и спектрометре поправки на поглощение в веществе спектрометра пучковых каонов ($2,9 \pm 0,1\%$) и вторичных каонов ($4,1 \pm 0,1\%$).

Среди поправок, зависящих от q^2 , наибольшими являются: радиационная поправка (от 4,2% до 9,7%), представляющая собой вклад в экспериментальное сечение процесса К-е рассеяния немонофотонных диаграмм и рассчитанная в соответствии с работой^{/4/}, неэффективность поиска событий (от 2,7% до 2,9%), распады вторичных каонов (от 1,5% до 2,1%). Учет потерь энергии вторичными электронами на тормозное излучение в веществе мишени и спектрометра производился при вычисле-

нии теоретического сечения, ожидаемого для точечного каона. Геометрическая неадекватность установки меняется от 0,0% до 13,1%.

Квадрат формфактора каона или пиона в зависимости от квадрата переданного импульса получается при делении экспериментального дифференциального сечения с учетом всех поправок на соответствующее теоретическое ожидаемое сечение для точечного каона или пиона

$$|F(q^2)|^2 = (d\sigma/dq^2)_{\text{exp}} / (d\sigma/dq^2)_{\text{point}}$$

Полученные значения квадрата формфактора K^- -мезона приведены на рис. 5. Ошибки являются комбинацией статистических и систематических ошибок.

Данные аппроксимировались однополосным выражением

$$|F(q^2)|^2 = (1 + \frac{1}{6} \langle r^2 \rangle q^2)^{-2} \quad (I)$$

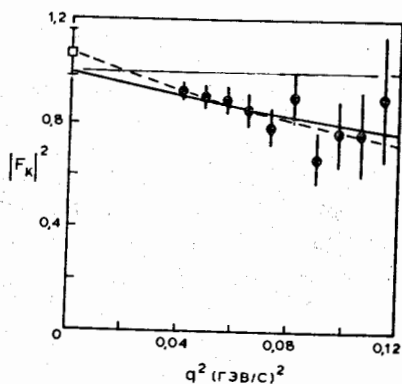


Рис. 5. Экспериментальные значения квадратов формфактора K^- -мезона в зависимости от q^2 . Сплошной кривой показаны фитированные значения, полученные при аппроксимации данных с нормализацией к 1,0 при $q^2=0$. Фитирование данных без нормализации (штриховая кривая) дает величину радиуса каона ($0,65 \pm 0,15$ Фм) и значение квадрата формфактора ($1,07 \pm 0,09$) при $q^2=0$.

Электромагнитный формфактор π^- -мезона измерялся в упругом

При фитировании использовалась полная матрица ошибок, диагональные элементы которой представляют собой квадраты полных ошибок. Систематические ошибки максимальным образом положительно скоррелированы между всеми парами точек.

Электромагнитный радиус K^- -мезона оказался равным

$$\langle r_K^2 \rangle^{1/2} = 0,53 \pm 0,05 \text{ Фм.}$$

Фитированные значения формфактора показаны сплошной кривой на рис. 5. При утроении систематической неопределенности в данных радиус каона получается равным ($0,54 \pm 0,07$ Фм). Наш результат представляет собой первое измерение зарядового радиуса K^- -мезона и может быть сравнен с предсказаниями модели векторной доминантности ($0,58$ Фм) и геометрической модели рассеяния адронов Чу-Янга ($0,54 \pm 0,14$ Фм).

π^- -е рассеянии при энергиях 100 ГэВ и 250 ГэВ. Квадрат формфактора пиона аппроксимировался выражением (I). На рис. 6 приведены данные по формфактору пиона, полученные в эксперименте при энергии 250 ГэВ. Электромагнитный радиус π^- -мезона получился равным

$$\langle r_\pi^2 \rangle^{1/2} = 0,66 \pm 0,03 \text{ Фм.}$$

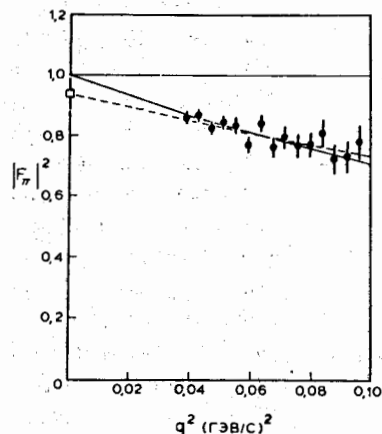
Фитированные значения формфактора приведены сплошной кривой на рис. 6. Наш результат можно сравнить, например, с измерениями зарядового радиуса пиона, выполненными на встречных электрон-позитронных пучках в ORSAF^{5/7} ($0,68 \pm 0,01$ Фм) и в Новосибирске^{6/} ($0,61 \pm 0,04$ Фм).

Одновременное измерение упругого рассеяния пионов и каонов на атомных электронах при энергии 250 ГэВ позволяет провести прямое экспериментальное сравнение их электромагнитных размеров. Подобное сравнение позволяет устранить возможные неучитываемые систематические ошибки, которые могут присутствовать в индивидуальных результатах. Условия регистрации событий π^- -е и K^- -е рассеяния

Рис. 6. Экспериментальные значения квадратов формфактора π^- -мезона в зависимости от q^2 . Фитированные значения формфактора при аппроксимации с нормализацией показаны сплошной кривой. При фитировании данных без нормализации (штриховая кривая) радиус получается равным ($0,60 \pm 0,03$ Фм), а фитированное значение квадрата формфактора при $q^2=0$ равно ($0,97 \pm 0,04$).

были почти полностью идентичны. При анализе данных на оба типа событий накладывались одинаковые критерии отбора. Основные поправки к дифференциальным сечениям мало отличаются для π^- -е и K^- -е событий и в отношении сечений, в основном, взаимно компенсируются. По нашим оценкам, общая систематическая неопределенность, остающаяся в отношении сечений, не превышает $\pm 1\%$. Отношение квадратов формфакторов каона и пиона представлено на рис. 7. Ошибки, в основном, определяются статистикой K^- -е событий. При фитировании этого отношения прямой линией (верхняя прямая на рис. 7) получаем для разности квадратов радиусов пиона и каона:

$$\langle r_\pi^2 \rangle - \langle r_K^2 \rangle = 0,18 \pm 0,06 \text{ Фм}^2.$$



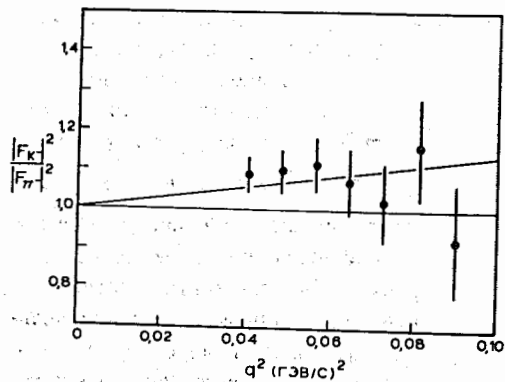


Рис. 7. Отношение квадратов формфакторов каона и пиона.

оценку для зарядового радиуса K^- -мезона. В этом случае квадрат радиуса каона получается равным $(0,28 \pm 0,06 \text{ Фм}^2)$, что хорошо согласуется с экспериментально измеренным радиусом каона.

В заключении сформулированы основные выводы диссертационной работы:

1. Предложен, рассчитан и поставлен эксперимент по изучению электромагнитных формфакторов каона и пиона в опытах по упругому K -е и π -е рассеянию при энергии 250 ГэВ.
2. Создан одноплечевой магнитный спектрометр, состоящий из дрейфовых и пропорциональных камер, черенковских и сцинтилляционных счетчиков, для экспериментов по упругому K -е и π -е рассеянию при энергии 250 ГэВ.
3. Проведены детальные исследования характеристик дрейфовых камер. Координатная точность дрейфовых камер, полученная в эксперименте, составляет 55 мкм, что является лучшим мировым достижением для дрейфовых камер. В эксперименте впервые была осуществлена регистрация двух сигналов с одной сигнальной проволоки в дрейфовых камерах. Было получено двухтрековое разрешение, равное 2,2 мм.
4. Создана система программ обработки данных для экспериментов по π -е и K -е рассеянию при энергиях 100 ГэВ и 250 ГэВ. Проведена статистическая обработка данных, полученных в этих экспериментах.
5. Впервые измерен электромагнитный радиус K^- -мезона:

$$\langle r_K^2 \rangle^{1/2} = 0,53 \pm 0,05 \text{ Фм.}$$

В работе /7/ формфактор пиона аппроксимировался совместно в области $-10 < q^2 < 10$ (ГэВ/с)² методом, слабо зависящим от теоретических моделей. При этом было получено значение квадрата радиуса пиона $(0,47 \pm 0,02 \text{ Фм}^2)$. Используя наш результат для разности квадратов радиусов пиона и каона и результат работы /7/, можно сделать

Измерение выполнено в прямом опыте по упругому K -е рассеянию при энергии 250 ГэВ.

6. В экспериментах по упругому π -е рассеянию при энергиях 100 ГэВ и 250 ГэВ существенно уточнен электромагнитный радиус π^- -мезона. Измерение при энергии 250 ГэВ (более точное) дает величину радиуса пиона:

$$\langle r_\pi^2 \rangle^{1/2} = 0,66 \pm 0,03 \text{ Фм.}$$

7. В опытах по упругому рассеянию каонов и пионов на электронах при энергии 250 ГэВ измерено отношение квадратов электромагнитных формфакторов каона и пиона. Это позволяет свести к минимуму возможные неучитываемые систематические ошибки эксперимента. Для разности квадратов радиусов пиона и каона получено:

$$\langle r_\pi^2 \rangle - \langle r_K^2 \rangle = 0,18 \pm 0,06 \text{ Фм}^2.$$

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Дали Э.Б.,..., Водопьянов А.С. и др. В кн.: Труды 18 Международной конференции по физике высоких энергий, Тбилиси, 1976, с. А7-8. Phys. Rev. Lett., 1977, 39, p.1176.
2. Дали Э.Б.,..., Водопьянов А.С. и др. ОИЯИ, ЕИ-12357, Дубна, 1979. Phys. Rev. Lett., 1980, 45, p. 232.
3. Filatova N.A.,..., Vodopianov A.S. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1977, 143, p.17, FERMILAB, 76/97-EXP, Batavia, 1976. Nigmanov T.S.,..., Vodopianov A.S. et al. FERMILAB, 76/26-EXP, Batavia, 1976.
4. Dally E.B.,..., Vodopianov A.S. et al. In: Proc. 20 Intern. Conf. on High Energy Physics, Madison, 1980.

Цитированная литература:

1. Adylov G.T. et al. Nucl. Phys., 1977, B128, p. 461.
2. Carrigan R.A. et al. Nucl. Phys., 1980, B163, p.1.
3. Carrol A.S. et al. Phys. Rev. Lett., 1974, 33, p. 932. Carrol A.S. et al. Phys. Lett., 1976, 61B, p. 303. Gorin Yu.P. et al. Sov.J.Nucl.Phys., 1972, 14, p. 560.
4. Bardin D.Yu., Micelmacher G.V., Shumeiko N.M. JINR, E2-6235, Dubna, 1972.
5. Quenzer A. et al. Phys. Lett., 1978, 76B, p. 512.
6. Вассерман И.Б. и др. Препринт ИЖ, 80-169, Новосибирск, 1980.
7. Heun M.B., Lang C.B. Preprint UNIGRAZ-UTP, 06/80, Graz, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел 20 января 1981 года.