

1-92-77

ЗАРУБИН
Павел Игоревич

УДК 539.172.8

РЕДКИЕ ПРОЦЕССЫ
В КУМУЛЯТИВНОМ РОЖДЕНИИ ЧАСТИЦ
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР

Специальность: 01.04.16 - физика ядра и
элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1992

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

ЛИТВИНЕНКО
Анатолий Григорьевич

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

МАЛАХОВ
Александр Иванович

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
профессор

Граменицкий
Игорь Михайлович

доктор физико-математических наук

Ставинский
Алексей Валентинович

Защита состоится "___" _____ 1992 года в ___ час. на заседании специализированного совета Д-047.01.02 при Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований, Дубна, Московской области, конференц-зал ЛВЭ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1992 года.

Ученый секретарь

специализированного совета *М.Ф. Лихачев* М.Ф. Лихачев

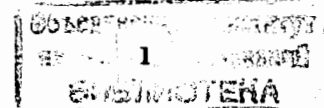
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Настоящая работа основана на результатах экспериментальных исследований, выполненных при участии автора в 1983-1991 гг. в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ. Она посвящена разработке экспериментальных методов измерения процессов кумулятивного рождения и измерению их параметров на пучках Синхрофазотрона ОИЯИ. Исследования проводились на спектрометре ДИСК-3 и переднем спектрометре установки СФЕРА.

Актуальность работы. Экспериментальное обнаружение образования кумулятивных π -мезонов на Синхрофазотроне ОИЯИ и теоретическое предсказание Балдиным А.М. особенностей их образования в 1971 году инициировало широкую программу исследований в новой области физики высоких энергий - релятивистской ядерной физике. Развитие релятивистской ядерной физики оказалось тесно связанным как с основными теоретическими концепциями, так и с экспериментальными методами физики элементарных частиц. В последующее десятилетие был накоплен обширный экспериментальный материал по инклюзивным спектрам кумулятивных адронов во всем диапазоне весов атомных ядер на разнообразных пучках. Он дал экспериментальное подтверждение применимости понятий масштабной инвариантности и предельной фрагментации для соударений релятивистских ядер.

Релятивистски инвариантное обобщение этих понятий было сделано на основе идеи об автомодельности множественных процессов в пространстве относительных 4-скоростей частиц. Экспериментальной основой этой идеи стал богатый материал, накопленный на пузырьковых камерах ЛВЭ.

Дальнейшее развитие этого научного направления требует экспериментального изучения многочастичных корреляций, а также редких и экзотических каналов в процессах кумулятивного типа (лептонные пары, векторные мезоны и т.п.). Для этого необходимо последовательное развитие методов измерения процессов, идущих при сечениях значительно меньших, чем характерные сечения кумулятивного пинообразования. Решение этих проблем дает возможность изучения многочастичных корреляций в процессах кумулятивного типа необходимых для построения квантовохромодинамической картины ядра.



Цель работы – развитие экспериментальных методов для изучения кумулятивного эффекта и их применение для изучения редких процессов кумулятивного рождения и коррелированных явлений; получение экспериментальных данных по сечениям рождения кумулятивных антипротонов и мюонных пар и A -зависимости фрагментации дейтронов в кумулятивные пионы, демонстрирующих возможности развитых методов.

Научная новизна и значимость работы. Впервые наблюдалось образование кумулятивных антипротонов в области фрагментации ядра-мишени; измерены сечения образования кумулятивных антипротонов с импульсом 500 МэВ/с и углом испускания 61° протонами с импульсом 8,9 ГэВ/с на ядрах алюминия и свинца, а также p/π^- -отношение; для угла 90° получена верхняя оценка сечения. В предположении степенной зависимости сечения от атомного веса фрагментирующего ядра получено указание на объемный характер этой зависимости.

Методом поглощения пучка получена верхняя и нижняя оценки сечения образования кумулятивных мюонных пар с малой инвариантной массой дейтронами с импульсом 4,5 ГэВ/с/нуклон на ядрах свинца. Это первый экспериментальный результат, подтверждающий существование такого процесса.

Измерен показатель степени A -зависимости сечения фрагментации дейтронов с импульсом 4,5 ГэВ/с/нуклон в кумулятивные пионы на ядрах углерода, алюминия, меди и свинца в интервале кумулятивного числа 0,8–1,2.

Научная и практическая ценность. Для магнитного спектрометра ДИСК-3 был предложен и реализован метод идентификации антипротонов с регистрацией продуктов аннигиляции в веществе электромагнитного калориметра с радиатором из свинцового стекла. Метод позволяет продвинуться в область малых сечений рождения антипротонов, несмотря на тяжелые фоновые условия. Такое решение позволило сохранить возможность измерения угловых зависимостей сечений на этом спектрометре благодаря компактности калориметрического модуля.

При проведении эксперимента методом поглощения пучка получена информация, необходимая для создания системы идентификации мюонов в спектрометре СФЕРА.

Решение задачи измерения показателя степени A -зависимости сечения фрагментации дейтронов в релятивистские пионы позволило

сформулировать и реализовать на практике требования к основным системам и программному обеспечению переднего спектрометра установки СФЕРА.

Апробация работы и публикации. Результаты исследований, составившие диссертацию, обсуждались на научных семинарах по релятивистской ядерной физике ЛВЭ ОИЯИ и рабочих совещаниях по исследованиям на установках ДИСК-3 и СФЕРА, докладывались на Международных семинарах по физике высоких энергий (Дубна, 1986, 1990), представлялись на XII Международной конференции по частицам и ядрам (PATIC XII, M.I.T., Cambridge, USA, 1990), Международной конференции по ядерной физике и физике частиц (Liverpool, GB, 1991), IV Международной конференции по ядро-ядерным соударениям (Kanazawa, Japan, 1991).

Основные результаты диссертации изложены в 6 публикациях, список которых приведен в конце автореферата. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассматриваются основные концепции используемые для описания кумулятивного рождения частиц при взаимодействии релятивистских ядер, формулируются цели и задачи работы.

В первой главе описывается релятивистски инвариантный подход, предложенный А.М.Балдиным, к анализу процессов соударения релятивистских ядер и связь его с исследованием кумулятивного эффекта. Свойство предельной фрагментации адронных процессов при высоких энергиях нашло свое обобщение в принципе ослабления корреляций между частицами в акте множественного рождения при нарастании их относительных 4 -скоростей (лоренц-фактора относительного движения). Явление масштабной инвариантности понимается в этом подходе как частный случай автомодельности, т.е. зависимости сечений от отношения скалярного произведения 4 -скорости изучаемой частицы к скалярному произведению 4 -скоростей сталкивающихся ядер.

Важным итогом исследований кумулятивного эффекта на установке ДИСК-3 в ЛВЭ стало введение масштабной переменной с массовыми

поправками (кумулятивного числа), позволившее обобщить большой объем разнообразных данных по кумулятивным процессам. Метод основывается на релятивистски инвариантном выражении для минимального 4-импульса частицы отдачи. Минимальные значения долей 4-импульсов сталкивающихся ядер, X_I и X_{II} , необходимые для рождения кумулятивной частицы, определяются соотношением:

$$(X_{II}P_I + X_I P_{II} - P_1)^2 = (X_I m_p + X_{II} m_p + m_2)^2,$$

— где P_I и P_{II} 4-импульсы сталкивающихся частиц, P_1 4-импульс рожденной частицы, m_p масса нуклона (931 МэВ — а.е.м.), m_2 масса добавочных частиц, требуемых законами сохранения квантовых чисел. Полагая для одного $X=1$, можно получить релятивистски инвариантное выражение для другого X в области фрагментации соответствующего ядра. Процесс называется кумулятивным, если одно из кумулятивных чисел больше 1, т. е. если он запрещен в соударениях свободных нуклонов. В тексте диссертации приводятся выражения для кумулятивных чисел ядер мишени и пучка, а также их предельные случаи. Рассматриваются выражения для кумулятивного числа в терминах 4-скоростей.

Фрагментационная картина кумулятивного эффекта привела к введению нового универсального объекта исследований — кварк-партоновой структурной функции ядра. Эта функция определяет поведение сечения кумулятивного рождения частиц и не сводится к совокупности структурных функций составляющих ядро нуклонов. Она характеризует универсальное распределение кварков в ядрах. В этой картине изучение рождения K^- -мезонов и кумулятивных антипротонов дает указание на эффекты распределения "морских" кварков в ядрах [1]. Зависимость сечения от атомного веса фрагментирующего в антипротон ядра расширяет представления о механизме формирования кумулятивных адронов. Решение экспериментальной проблемы — идентификация антипротонов на магнитном спектрометре ДИСК-3 — стало первой целью настоящей работы.

В 1985 Ставинским В.С. с коллегами был предложен проект универсального двухступенчатого спектрометра СФЕРА с геометрией близкой к 4 π , ориентированный на решение задач релятивистской

ядерной физики, родственных основным задачам физики высоких энергий [2,3]. В рамках этого проекта предполагается изучать в соударениях релятивистских ядер процессы образования кумулятивных векторных мезонов, лептонных пар, адронных кластеров, кварковой экзотики, поляризационных явлений. На основании предложенной в проекте экспериментальной программы выделяются первоочередные задачи, которым посвящена часть диссертационной работы, связанная с проектом СФЕРА.

Распространение гипотез предельной фрагментации и масштабной инвариантности на описание соударения релятивистских ядер, успех фрагментационной модели кумулятивного эффекта в предсказании результатов глубоко-неупругого рассеяния лептонов на ядрах указывают на возможность существования в ядрах точно-подобных конститuentов, несущих четырех-импульс больший, чем они могут иметь в свободном нуклоне. Будущие эксперименты с релятивистскими ядрами, по-видимому, должны быть направлены на проверку применимости представлений КХД в ядерной материи.

Во второй главе охарактеризованы экспериментальные методы исследования кумулятивного эффекта на одноплечевом спектрометре ДИСК-3 в контексте задачи поиска кумулятивных антипротонов. Приведена схема размещения детекторов установки (рис.1). Описана триггерная логика и методы обработки информации.

Описывается экспериментальный метод идентификации антипротонов в магнитно-оптическом канале установки при помощи черенковского счетчика полного поглощения с радиатором из свинцового стекла (ЧСП) [1,4]. ЧСП позволяет регистрировать в радиаторе аннигиляцию антипротонов по черенковскому излучению электрон-позитронной лавины, вызываемой γ -квантами от распада аннигиляционных π^0 -мезонов, а также черенковское излучение π^+ -мезонов. Кроме амплитуды сигнала аннигиляции возможно и измерение времени прихода сигнала относительно временной отметки, задаваемой сцинтилляционным телескопом. В временное разрешение ЧСП составило величину около 1 нс, что позволило снизить фон случайных совпадений до пренебрежимо малого уровня.

ДИСК-3

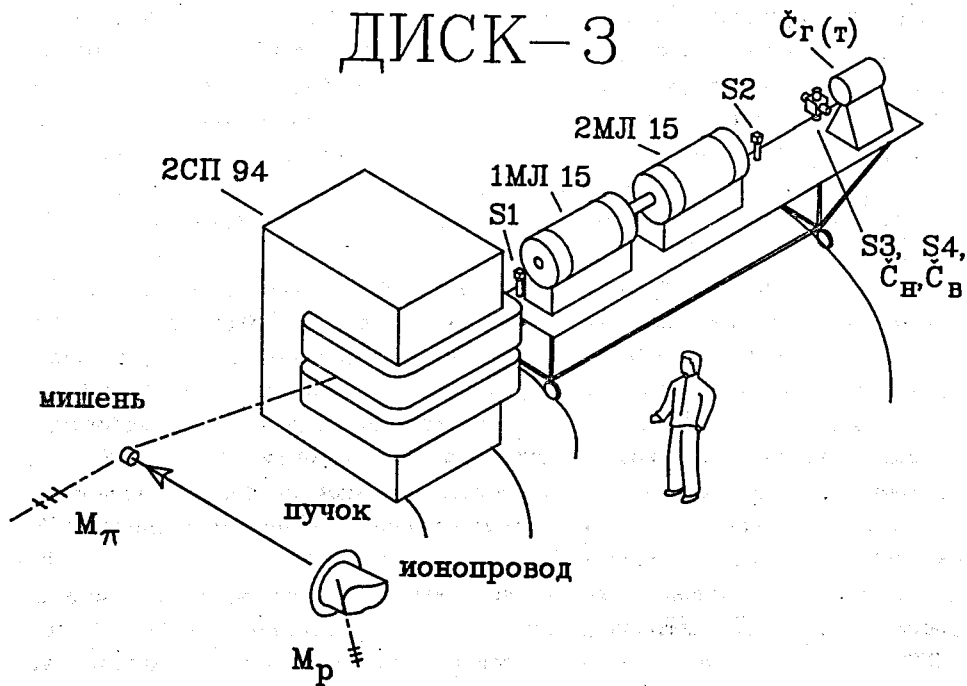


Рис. 1

Нами использовался ЧСПИ с радиатором в форме шестигранника длиной около 250мм и диаметром описывающей окружности 175мм. Радиатор с одного из торцов просматривался фотоумножителем 58AVP. Счетчик закрыт цилиндрическим стальным экраном. Рабочее напряжение и порог на формирователе схемы временной привязки ЧСПИ были подобраны на π^- -мезонах с импульсом 500 МэВ/с, а также на других частицах (рис.2). Положение пика π^- -мезонного спектра использовалось для контроля стабильности работы ЧСПИ. Для протонов с импульсом 500 МэВ/с получен коэффициент подавления фона 10^{-5} при требовании нормальной временной отметки, а значит и величины амплитуды превышающей порог формирователя схемы временной привязки. Порог формирователя соответствует левому краю спектра (рис 2).

Изложены итоги обработки статистики, накопленной на пучках дейтронов и протонов с мишенями из алюминия и свинца. Магнито-оптический канал спектрометра был настроен на регистрацию

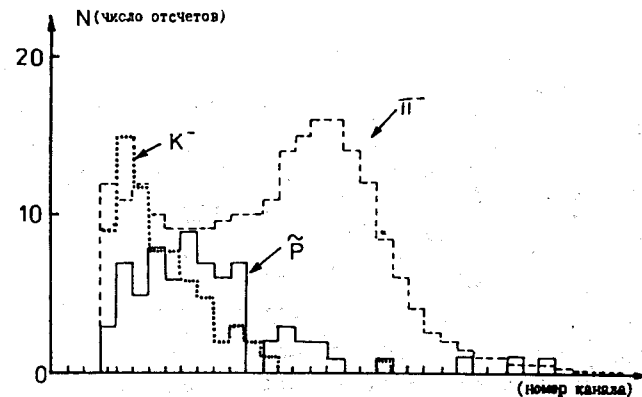


Рис. 2

отрицательных частиц с импульсом 500 МэВ/с. Описана процедура выделения антипротонных событий. На начальном этапе использовались следующие критерии отбора, соответствующие протонам с импульсом 500 МэВ/с:

- 1) время пролета на двух базах (3,8 и 1,0м) и их согласованность в пределах временного разрешения;
- 2) величина ионизационных потерь в веществе двух сцинтилляционных счетчиков;
- 3) интенсивность черенковского излучения в двух счетчиках с радиаторами из плексигласа не превышает некоторого порога.

Эти критерии связаны со скоростью регистрируемой частицы, т.е. являются скоррелированными. В наших условиях, при одном отклоняющем магните, они дают предельное подавление фоновых частиц ρ^-/π^- только до уровня 10^{-4} .

Требование о наличии нормальной временной отметки сигнала ЧСПИ в отобранных на первом этапе событиях дало дополнительный коэффициент подавления 10^{-5} для фоновых частиц, имеющих скорость близкую к скорости протонов с импульсом 500 МэВ/с. Фоновые частицы оказывались под порогом схемы временной привязки ЧСПИ. Анализ двумерного распределения амплитуда-время показал пренебрежимо малый

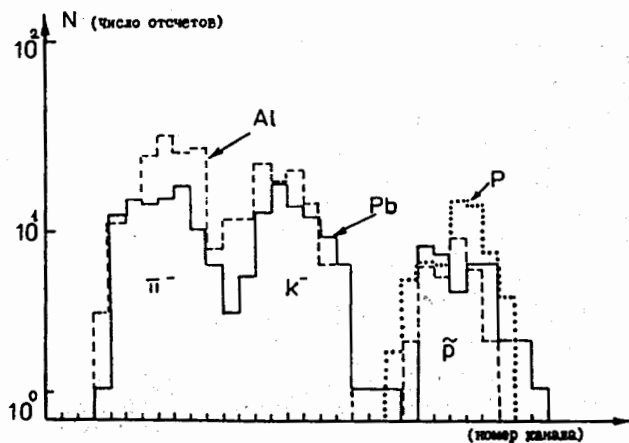


Рис. 3

вклад случайных совпадений. Спектры амплитуд ЧСПИ для K^- и π^- -мезонов и антипротонов, полученные при наложении условий отбора 1)-3) и наличия временной отметки в пределах 1нс, представлены на рис.2. "Мягкие" условия 3),2) и частично 1), а также условие временной привязки ЧСПИ (следовательно, и на амплитуду) позволяют идентифицировать антипротоны в спектре времени пролета отрицательных частиц (рис.3).

Далее обсуждаются результаты фоновых измерений на дейтронном пучке, калибровочные измерения ЧСПИ. Приводится формула вычисления сечений рождения антипротонов и результаты вычисления поправочных коэффициентов.

В заключение дается сводка результатов по инвариантным дифференциальным сечениям рождения кумулятивных антипротонов протонами с импульсом 8,9 ГэВ/с при угле 61° и импульсе 500 МэВ/с ($X_{II}=1,47$) на ядрах алюминия и свинца, равных, соответственно, $8,0 \pm 1,5$ и $8,1 \pm 1,4$ [нс \cdot с 3 \cdot страд $^{-1}$ \cdot ГэВ $^{-2}$ \cdot А $^{-1}$]. Для свинца при угле наблюдения 90° и импульсе 500 МэВ/с ($X_{II}=1,85$) верхняя оценка сечения равна $0,5$ [нс \cdot с 3 \cdot страд $^{-1}$ \cdot ГэВ $^{-2}$ \cdot А $^{-1}$]. Приводятся значения $\tilde{P}/\tilde{\pi}^-$ и \tilde{p}/\tilde{p} -отношений для угла 61° . В предположении степенной зависимости сечения от атомного веса оценен показатель степени

А-зависимости. Дано сравнение с результатами экспериментов, выполненных двумя группами из ИТЭФ, отмечается их согласие.

Третья глава посвящена постановке и практической реализации эксперимента по поиску процесса рождения кумулятивных мюонных пар с малой инвариантной массой и оценке его сечения [5]. Этот эксперимент был проведен в рамках проекта СФЕРА. Он дал практический опыт для планирования экспериментов с лептонными парами на переднем спектрометре установки СФЕРА.

Процесс рождения лептонных пар в адрон-ядерных и ядро-ядерных соударениях является важным источником информации о внутренней структуре сталкивающихся частиц. Кроме того, он дает возможность выделения векторных мезонов по лептонной моде распада. Последнее обстоятельство имеет особое значение для соударения релятивистских ядер, где фоновые процессы и комбинаторный фон делают практически невозможным выделение резонансов по адронной моде распада.

Для того, чтобы оценить сечение рождения при кумулятивном числе $X_{II} \approx 1$ димюонов и исследовать возможность наблюдения кумулятивных ρ^0 -мезонов по лептонной моде распада, мы провели измерения фрагментации дейтронного пучка в мюонные пары методом поглощения пучка. Потери энергии на электромагнитное взаимодействие в среде накладывают ограничение на минимальный импульс мюона, проникающего через массу вещества, поглотитель гасит адрон-электромагнитный ливень, вызванный первичным дейтроном. С практической точки зрения оказалось важно и то, что была достигнута достаточная светимость при невысокой интенсивности дейтронного пучка ($\approx 5 \cdot 10^5$ частиц/цикл).

Измерения были выполнены на сборке поглотитель/сцинтилляционные годоскопы с использованием детекторов, предназначенных для переднего спектрометра установки СФЕРА (см. рис. 4). Массивная свинцовая мишень облучалась пучком дейтронов с импульсом $4,5 \cdot A$ ГэВ/с и интенсивностью 10^6 частиц в цикл. Пучок мониторировался телескопом из трех сцинтилляционных счетчиков S1, S2 и S3. Мюонные пары детектировались трехкоординатными (X, Y, U) годоскопами N1-N4 с площадью около $1m^2$ и шириной счетчиков 4см. между годоскопами установлены железные поглотители толщиной 0,5м. Компоновка детекторов и толщина поглотителей были оптимизированы нами с помощью

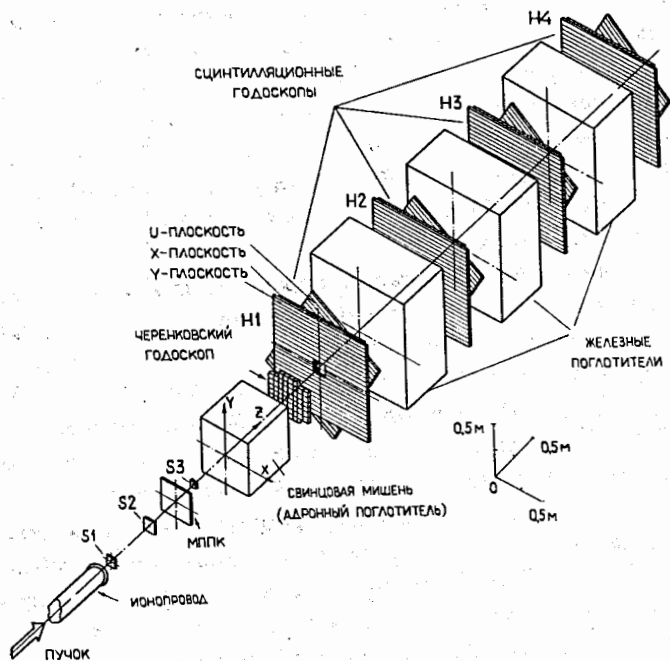


Рис. 4

программного пакета GEANT3 для регистрации мюонных пар в кумулятивной области. Выполнены расчеты вклада непроявившихся в веществе π -мезонов и распадных мюонов. Описываются детали триггерной логики и системы сбора, существенные для анализа накопленной статистики.

Процедура отбора димюонных событий состояла из двух этапов. На первом этапе отобраны 43 события, которые не противоречат гипотезе о прохождении двух заряженных частиц до годоскопа H3 сквозь вещество поглотителей. Такие события служили основой для верхней оценки сечения. На втором этапе эти события проходили через процедуру поиска треков и визуальный анализ горизонтальной и вертикальной проекции события. 5 "хороших" событий были отобраны на этом этапе (рис.5). Они стали основой для нижней оценки сечения.

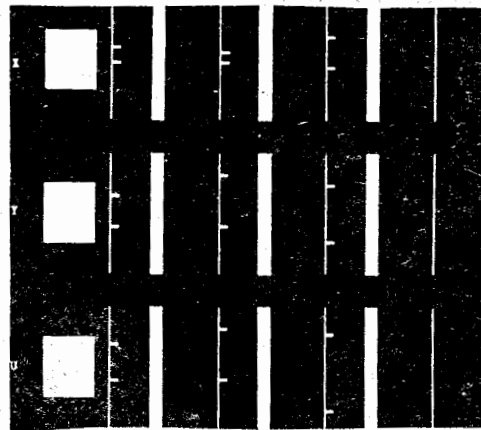


Рис. 5

Описывается процедура оценки сечения и приводится сводка результатов. При $X_T=1$ для массы пары равной массе ρ -мезона оценка инвариантного сечения равна 50-500 [нб.с³.страд⁻¹.ГэВ⁻²] для фрагментации ядра дейтрона на ядре свинца.

На основе нижней оценки сечения делается вывод о том, что отношение сечения рождения мюонных пар к сечению рождению пионов имеет величину около 10^{-4} при кумулятивном числе вблизи $X \approx 1$, что соответствует представлению об основном вкладе лептонных распадов легких векторных мезонов в области малых инвариантных масс димюонов.

Четвертая глава содержит описание эксперимента по измерению A -зависимости фрагментации релятивистских дейтронов в кумулятивные π^- -мезоны на ядрах углерода, алюминия, меди и свинца на переднем спектрометре установки СФЕРА [6]. Практической целью стало измерение параметра α в предположении степенной зависимости A^α сечения от атомного веса ядра-мишени.

Ранее изучение инклюзивных спектров кумулятивных адронов проводилось, в основном, в области фрагментации ядра-мишени. В этой области сравнительно легко проводить импульсный анализ и идентификацию частиц. Постановка эксперимента, при которой кумулятивная частица рождается в области фрагментации пучка, дает возможность изучать скоррелированные явления в ядре-мишени в удобной для измерения кинематической области.

В процессе реализации эксперимента спектрометр был откалиброван по импульсу регистрируемых частиц, выработан эффективный триггер,

изучены фоновые проблемы, показана реалистичность исследования кумулятивного эффекта в счетном режиме установки по первичному пучку.

Измерения проводились на пучке дейтронов с импульсом 4.5·А ГэВ/с и интенсивностью 10^6 в цикл. Магнитный спектрометр включает в себя (см. рис. 6):

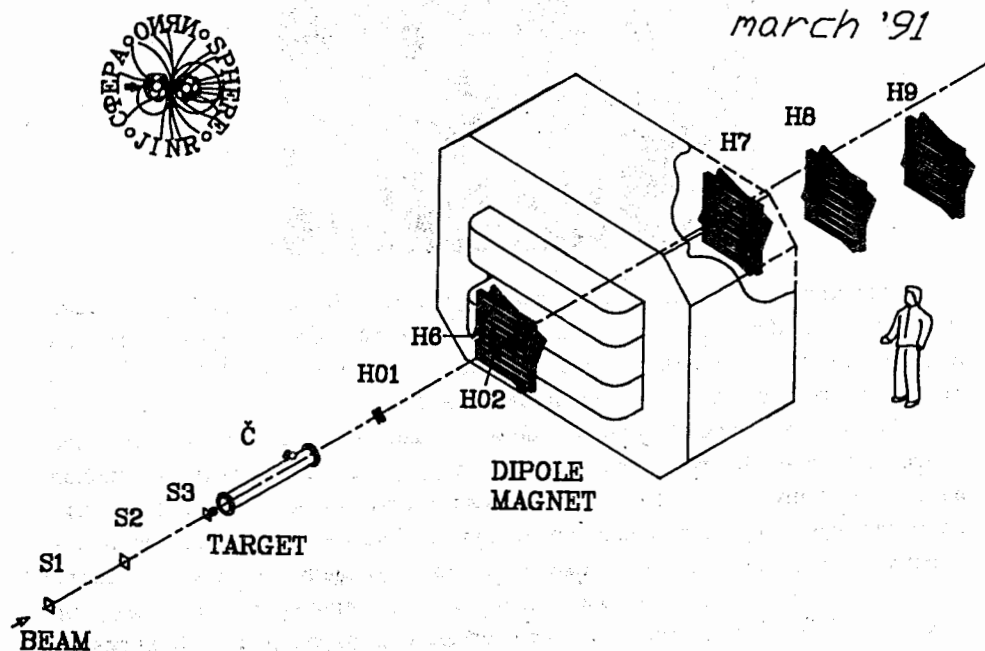


Рис. 6

- телескоп из трех сцинтилляционных счетчиков, мониторирующий первичный пучок;
- съемную мишень, расположенную в 700 см перед центром магнита;
- газовый пороговый черенковский счетчик высокого давления;
- два годоскопа площадью $16 \times 16 \text{ см}^2$, состоящие из двух плоскостей, каждая состоит из 16 счетчиков размером $160 \times 9 \times 3 \text{ мм}^3$; расстояния от центра магнита 400 и 230 см;
- четыре трехкоординатных годоскопа площадью около 1 м^2 [4], три из которых установлены сзади магнита на расстоянии 200, 320, 520 см от его центра, а один непосредственно перед магнитом.

-дипольный магнит рамного типа с зазором между полюсами 68см, шириной полюсов 100см и длиной 150см; максимальная достижимая напряженность поля в центре магнита около 0,82 Тесла;

Угловой акцептанс установки около 10^{-4} стерадиан, импульсный акцептанс от 2,5 до 6 ГэВ/с.

Нами была разработана первая версия программы реконструкции треков в переднем спектрометре установки СФЕРА с условным названием MULTITRACK для ЭВМ типа VAX. Визуальный контроль ее корректности проводился с помощью графического варианта этой программы, названного MULTIHIGZ. Алгоритм программы реконструкции и основные распределения, характеризующие его, подробно рассмотрены в тексте диссертации.

Калибровочная константа связывающая угол отклонения, импульс частицы и ток в магните была получена на пучке дейтронов с импульсом 6,6 ГэВ/с. Ее величина проверена на пучках π^- -мезонов с импульсом 3 и 4 ГэВ/с. Фитирование функцией Гаусса импульсных спектров дает оценку разрешения $\sigma_p/P = 5,0 \pm 0,1\%$ при импульсе 3,75 ГэВ/с. На пучке π^- -мезонов при импульсе 3 ГэВ/с проводилась отладка программы реконструкции. При условиях, соответствующих триггеру, эффективность нахождения треков находится на уровне 75%. В основной статистике 30% событий содержат реконструируемые треки.

На рис.7 приведены результаты фитирования зависимостью вида $A^{\alpha-1}$, нормированного на толщину мишени и суммарную интенсивность пучка, числа идентифицированных пионов. В пределах ошибок два значения параметра α совпадают. Усреднение дает для интервала $0,8 < X_T < 1,2$:

$$\alpha = 0,27 \pm 0,09$$

Полученное значение указывает на существенно более слабую зависимость этого процесса от ядра-мишени, чем усиленная зависимость от атомного веса фрагментирующего в кумулятивный пион ядра.

Более детальное изучение явлений скоррелированных с процессом образования кумулятивных пионов даст новую информацию о динамике кумулятивного рождения. Наша постановка эксперимента позволяет проводить "мечение" кумулятивного π^- -мезона и открывает возможность изучения деталей процесса его образования.

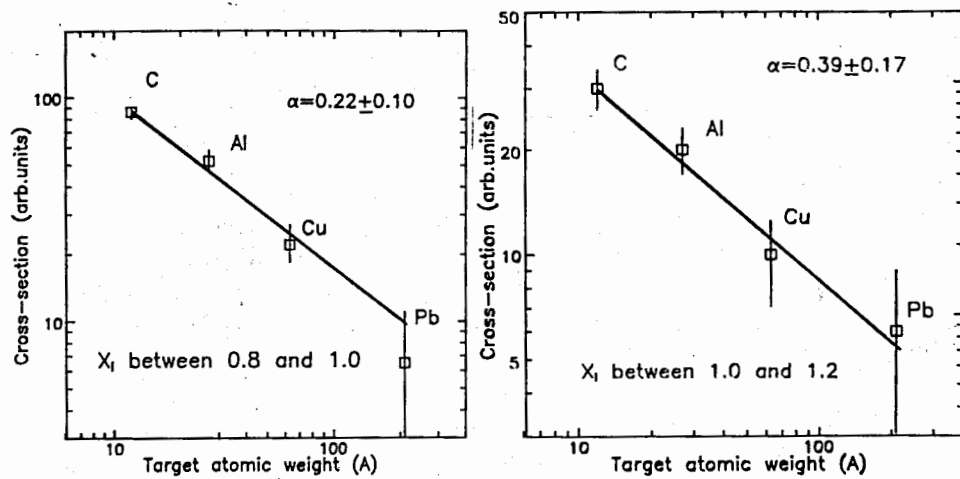


Рис. 7

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы:

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

1. Для регистрации кумулятивных антипротонов на магнитном спектрометре ДИСК-3 автором предложен и реализован метод идентификации антипротонов по регистрации сигнала аннигиляции в черенковском счетчике полного поглощения с радиатором из свинцового стекла.

2. Измерены абсолютные величины сечений рождения кумулятивных антипротонов на ядрах алюминия и свинца при значении кумулятивного числа $X=1,47$ и получена верхняя оценка сечения для кумулятивного числа $X=1,85$. По этим данным получена оценка показателя степени A -зависимости $\alpha=1,00 \pm 0,12$. Усиленная зависимость от атомного веса указывает на слабое поглощение кумулятивных антипротонов во фрагментирующем ядре.

3. Предложен и реализован эксперимент по оценке сечения рождения кумулятивных мюонных пар с малой инвариантной массой при фрагментации релятивистских дейтронов. Выполнено моделирование условий эксперимента, которое явилось основанием для использования в эксперименте метода поглощения пучка. Экспериментальная оценка сечения рождения кумулятивных мюонных пар согласуется с

предположением о доминирующем вкладе электромагнитных распадов векторных мезонов. Она дает экспериментальную основу для планирования экспериментов с лептонными парами по проекту СФЕРА.

4. На переднем детекторе установки СФЕРА выполнен эксперимент по измерению показателя степени A^α -зависимости сечения фрагментации релятивистских дейтронов в кумулятивные π^- -мезоны на ядрах углерода, алюминия, меди и свинца. Для пионов с кумулятивными числами в интервале $0,8 < X_1 < 1,2$ получено значение $\alpha=0,27 \pm 0,09$, существенно отличающееся от A -зависимости фрагментирующего ядра.

5. Для обработки результатов эксперимента создана программа реконструкции треков, а также графическая версия программы для визуальной ее проверки. С помощью этой программы получены основные калибровочные константы и характеристики установки. Программа может быть использована для фильтрации событий в сеансах работы на ускорителе.

6. В эксперименте по измерению A -зависимости была подтверждена возможность изучения кумулятивного эффекта в счетном режиме установки СФЕРА по первичному пучку, что дает экспериментальную основу для постановки более сложных корреляционных экспериментов.

Диссертация основывается на опубликованных работах:

1. Бондарев В.К., Зарубин П.И., Литвиненко А.Г., Панебратцев Ю.А., Ставинский В.С. Новые экспериментальные данные по кумулятивному рождению частиц релятивистскими ядрами. В сб.: Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий (19-24 июня 1986 г., Дубна), Д1,2-86-868, т.1, стр.243, Дубна, 1987.

2. Аверичев С.А., Балдин А.М., Зарубин П.И., Малахов А.И., Ставинский В.С. Исследование множественного кумулятивного рождения частиц в 4π -геометрии (проект СФЕРА). Препринт ОИЯИ 31-85-512, Дубна, 1985 г.

Аверичев Г.С., Зарубин П.И. Установка СФЕРА - спектрометр для изучения множественного рождения частиц в 4π -геометрии. В сб.: Пион-нуклонные и нуклон-нуклонные взаимодействия. Труды третьего международного симпозиума, Гатчина, 17-22 апреля 1989 г., Ленинград, 1989 г, т.2, стр. 357.

3. Абдурахимов А.У., Балдин А.М., Зарубин П.И.,

Малахов А.И.,..., Ставинский В.С.,... Аннотация проекта на 1991-1995 гг. "Развитие спектрометра СФЕРА для исследования множественного кумулятивного рождения частиц в 4π -геометрии". Предложения по программе Лаборатории высоких энергий в 1991-95гг. (сборник аннотаций проектов), P1,2-89-631, Дубна, 1989г.

4.Аверичев Г.С., Бондарев В.К., Зарубин П.И., Литвиненко А.Г., Мозелев А.А., Мороз Н.С., Панебратцев Ю.А., Перевозчиков В.Г., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н. Наблюдение кумулятивных антипротонов. В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, N5[25]-25-87, Дубна, 1987 г., стр. 4.

5.Afanasiev S.V.,, Zarubin P.I., An Experiment to Search Cumulative Muon Pairs with Low Invariant Mass. In: JINR Rapid Communications, N7[46]-90, Dubna, 1990, p.6.

S.V.Afanasiev,, P.I.Zarubin, - Observation of Cumulative Muon Pairs with Low Invariant Mass. In: RELATIVISTIC NUCLEAR PHYSICS&QUANTUM CHROMODYNAMICS. Proceedings of X International Seminar on High Energy Physics Problems (24-29 Sept. 1990, Dubna), pp. 349-355, World Scientific, 1991.

6.Afanasiev S.V.,, Zarubin P.I., An Experiment on A-dependence of the Cross-section for Relativistic Deuteron Fragmentation into Cumulative Pions. In: JINR Rapid communications, N5[51]-91, Dubna, p.6, 1991.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 февраля 1992 года.