

П-161

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-83-167

ПАНЕБРАТЦЕВ
Юрий Анатольевич

ИССЛЕДОВАНИЕ
КУМУЛЯТИВНОГО РОЖДЕНИЯ ПИОНОВ ПРОТОНАМИ
С ИМПУЛЬСОМ 8,9 ГэВ/с НА ЛЕГКИХ ЯДРАХ
С ПОМОЩЬЮ УСТАНОВКИ ДИСК-2

Специальность 01.04.01 – экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1983

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук
профессор

Валентин Семёнович
СТАВИНСКИЙ

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
профессор

Анатолий Васильевич
БФРЕМОВ

кандидат физико-математических наук
младший научный сотрудник

Сергей Аронович
ГЕРЗОН

Ведущее научно-исследовательское учреждение - Ереванский физический институт, Ереван.

Защита диссертации состоится "_____" _____ 1983 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 "_____" _____ 1983 года.

Ученый секретарь

Специализированного совета

М.Ф. Лихачёв

М.Ф. ЛИХАЧЁВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Интерес к ядерным реакциям с большой передачей импульса связан с проблемами релятивистской ядерной физики, которая возникла на стыке физики ядра и элементарных частиц. Кумулятивное рождение частиц, то есть рождение частиц в области предельной фрагментации ядер за пределами кинематики однонуклонных столкновений, вызывает в этой связи особый интерес. Понятие о кумулятивном эффекте возникло из идей о локальности взаимодействия адронов при больших передачах импульса и о том, что точечный объект, воспринимающий импульс больший, чем импульс целого нуклона, принадлежит группе нуклонов ядра.

Гипотеза кумулятивного ядерного эффекта была сформулирована А.М.Балдиным^{*} в 1970 году, а в 1971 году была проведена ее первая экспериментальная проверка на синхрофазотроне ОИЯИ в реакции $d + Cu \rightarrow \Pi + \dots$ при энергии первичных дейтронов 5 ГэВ/нуклон. Были обнаружены пионы, энергия которых существенно превышала кинематический предел для случая взаимодействия отдельных нуклонов ускоренного ядра дейтерия с мишенью, что послужило началом интенсивных экспериментальных и теоретических исследований кумулятивного рождения частиц. Изучение этих реакций заставило вводить новые для обычной ядерной физики кварк-партоновые представления не только о структуре нуклонов, но и о структуре самого ядра. Изучение кварковой структуры ядер дает новую информацию о мультикварковых системах и взаимодействиях, что важно для построения теории сильных взаимодействий.

Интерес к исследованию кумулятивного рождения частиц на легких ядрах обусловлен также следующими обстоятельствами:

1. Согласно гипотезе кумулятивного ядерного эффекта его свойства определяются не геометрическими свойствами сталкивающихся объектов, а локальными свойствами ядерной материи. Следовательно, параметры энергетических и угловых распределений на легких и тяжелых ядрах должны иметь близкие значения.

2. Дейтроны являются наиболее удобным объектом для экспериментального и теоретического исследования вопросов, связанных с построением релятивистского импульсного приближения.

Цель работы.

1. Создание математического обеспечения спектрометра ДИСК-2.

2. Измерение, обработка и анализ экспериментальных данных по кумулятивному рождению пионов при взаимодействии протонов с импульсом 8,9 ГэВ/с с легкими ядрами.

* Балдин А.М. и др. ОИЯИ, Р1-5819, Дубна, 1971.

3. Анализ эмпирических закономерностей кумулятивного рождения пионов и каонов на ядрах и их теоретическая интерпретация на основе существующих моделей.

Научная новизна и практическая значимость работы. Впервые выполнено систематическое исследование кумулятивного рождения положительных и отрицательных пионов на легких ядрах под действием протонов с импульсом 8,9 ГэВ/с. Измерены энергетические спектры пионов с углом эмиссии 180° относительно направления первичного луча для ядер дейтерия и гелия. Для ядра гелия выполнены измерения энергетических спектров при различных углах эмиссии, а также угловой зависимости инвариантных инклюзивных сечений при фиксированной величине импульса. До настоящего времени эти экспериментальные данные по кумулятивному рождению частиц на легких ядрах остаются единственными.

В диссертации впервые изучена кварк-партоновая структурная функция ядра, которая в кумулятивной области является самостоятельным (не сводимым к однонуклонным) объектом адронной физики.

Исследование кварк-партоновой структурной функции в адрон-ядерных взаимодействиях позволило предсказать результаты измерений сечений глубокоэластического рассеяния мюонов на ядрах углерода для $x > 1$ (совместный эксперимент $NA-4$ ОИЯИ-ЦЕРН^{*}).

Результаты работы могут быть использованы при постановке корреляционных экспериментов.

Данные, полученные в диссертации, уже использованы для проверки различных теоретических моделей кумулятивного рождения мезонов.

Апробация работы и публикации. Результаты, вошедшие в диссертацию, обсуждались на научных семинарах научно-экспериментального методического отдела, научно-экспериментального отдела релятивистской ядерной физики ЛВЭ; докладывались автором на Всесоюзном совещании по кумулятивному эффекту и ядерному скейлингу (Ереван, 1980), на II Всесоюзном проблемном семинаре по взаимодействию частиц высоких энергий с ядрами (Ташкент, 1981), на II Всесоюзном совещании по предельной фрагментации ядер (Москва, 1982), на Международном совещании по исследованиям в области релятивистской ядерной физики (Дубна, 1982). Экспериментальные данные были также представлены на V и VI Международных семинарах по физике высоких энергий (Дубна, 1978, 1981), на Европейской конференции по физике частиц (Будапешт, 1977), на XIX Международной конференции по физике высоких энергий (Токио, 1978) и на XXI Международной конференции по физике высоких энергий (Париж, 1982).

Основные результаты диссертации изложены в 8 публикациях.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и

^{*} Савин И.А. ОИЯИ, ДП, 2-81-728, Дубна, 1981, с.223.

выводов. Работа изложена на 130 страницах, включая 40 рисунков и 3 таблицы. Список цитируемой литературы включает 114 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении подчеркивается актуальность экспериментальных и теоретических исследований кумулятивного рождения адронов, формулируется цель работы, кратко изложено содержание диссертации.

В первой главе введены основные понятия и величины релятивистской ядерной физики. Рассмотрены гипотеза кумулятивного ядерного эффекта и следующие из нее предсказания для экспериментов.

В § I дано понятие инклюзивной реакции и введены основные переменные, используемые в релятивистской ядерной физике, в том числе и кумулятивное число X . Показано, что для случая глубокоэластического рассеяния лептонов X/A переходит в переменную Бьёркена.

В § 2 рассмотрены понятия масштабной инвариантности и предельной фрагментации. На основе свойства короткодействующих корреляций в пространстве быстрот показано, что при энергии релятивистских ядер около 4 ГэВ/нуклон наступает асимптотический режим, при котором зависимость сечений ядерных столкновений от энергии сталкивающихся ядер становится несущественной. Этот режим называется предельной фрагментацией ядер.

В § 3 рассмотрена модель кумулятивного ядерного эффекта. Отметим следующие из нее предсказания для свойств инвариантных инклюзивных сечений в кумулятивной области:

1. Зависимость инвариантного сечения от свойств налетающего ядра должна практически отсутствовать в силу общего свойства адронной материи — предельной фрагментации.
2. Зависимость инвариантного сечения от кумулятивного числа может быть аппроксимирована быстро убывающей функцией, например экспонентой.
3. Поведение инвариантных инклюзивных сечений в зависимости от энергии и угла эмиссии должно быть подобным для различных ядер, так как оно определяется свойствами ядерной материи на малых расстояниях.
4. Предсказаны усиленные (по сравнению с $A^{2/3}$) зависимости инвариантных инклюзивных сечений кумулятивного рождения от атомного веса фрагментирующего ядра.

Экспериментальной проверке гипотезы кумулятивного ядерного эффекта посвящен § 4. Приведено описание эксперимента по фрагментации ускоренных на синхрофазотроне ОИЯИ ядер дейтерия, в котором был обнаружен кумулятивный эффект. Затем рассмотрены результаты экспериментов, выполненных в ЛВЭ ОИЯИ на установке ДИСК-I, по исследованию энергетических спектров и A-зависимостей сечений в реакциях $p+A$ —

$\rightarrow \pi^{\pm}(180^{\circ})$. В этих исследованиях было показано, что энергетические спектры пионов в первом приближении имеют экспоненциальный характер $E dG/d\vec{p} = a \exp(-T/T_0)$ для всех исследуемых ядер; обнаружено, что значение показателя степени n равно примерно 1 при аппроксимации сечений кумулятивного рождения частиц аналитической зависимостью $E dG/d\vec{p} \propto A^n$. Эти экспериментальные факты находятся в согласии с предсказаниями модели кумулятивного ядерного эффекта.

Эксперименты по кумулятивному рождению пионов в протон-ядерных, пион-ядерных и фотон-ядерных столкновениях, выполненные в ИТЭФ^ж (Москва), ЕРМИ (Ереван)^{жж}, Беркли (США)^{жжж}, подтвердили эти закономерности. Кроме того, совокупность имеющихся экспериментальных данных позволяет сделать вывод о том, что при энергиях первичных протонов начиная с 4 ГэВ и при энергиях первичных пионов с 1,5 ГэВ наступает асимптотический режим — предельная фрагментация ядер. Значение параметра наклона T -мезонных спектров, начиная с этих энергий, не зависит от сорта налетающей частицы и составляет 60–65 МэВ в исследованном в этих экспериментах интервале кинетических энергий.

Вторая глава посвящена вопросам математического обеспечения установок.

В § 1 дано описание и характеристики спектрометра ДИСК-2/1/.

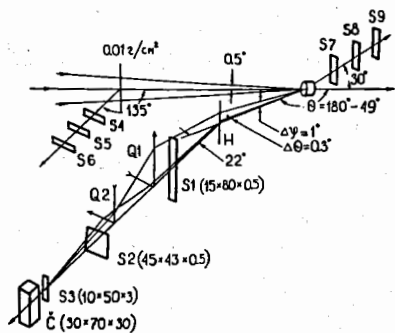


Рис. 1. Схема установки ДИСК-2.

Принципиальная схема установки приведена на рис. 1. Эксперимент проводился на выведенном пучке синхрофазотрона ОИЯИ. Первичные частицы — протоны и дейтроны с импульсом 8,9 ГэВ/с и интенсивностью $(2-3) \cdot 10^{11}$ частиц (время вывода пучка из ускорителя $\sim 0,4$ с). Особенностью криогенной мишени установки является размещение в одном вакуумном кожухе с большой выходной апертурой сосудов с жидким гелием, водородом и дейтерием, а также сосуда для фоновых измерений. Магнитно-оптический канал спектрометра состоит из анализирующего магнита и дублета квадрупольных линз, формирующих пучок вторичных частиц. Импульсное разрешение спектрометра 8,6% (полная ширина на половине высоты). Аксептанс установки $1,72 \cdot 10^{-5}$ ср. Вторичные

^ж Бургов Н.А. и др. ЯФ, 1980, т.32, с.423.

^{жж} Аланакян К.В. и др. Письма в ЖЭТФ, 1980, т.33, с.666.

^{жжж} Schroeder L.S. et al. Phys.Rev.Lett., 1979, vol.43, p.1787.

частицы регистрировались в интервале углов относительно направления первичного пучка от 49° до 180° и в интервале импульсов от 0,15 до 1,6 ГэВ/с. Идентификация вторичных частиц осуществлялась путем независимых измерений времени пролета на двух базах (3,8 м и 1 м). Среднеквадратичная ошибка измерений составляет 260 пс. Для повышения надежности выделения полезных событий велось измерение ионизационных потерь в сцинтилляторах и интенсивности излучения Вавилова-Черенкова в твердом радиаторе. Относительную интенсивность пучка ускоренных частиц измеряет телескоп счетчиков M_p (S4, S5, S6). Градуировка телескопа осуществлялась методом измерения наведенной активности в углероде (с точностью $\pm 5\%$) при облучении полистирола (C_8H_8) в фокусе первичного пучка.

На установке ДИСК-2 были получены экспериментальные данные по кумулятивному рождению π^{\pm} , K^{\pm} , p, \bar{p} , d, t. Также были измерены упругие протон-протонные, нуклон-дейтронные и дейтрон-дейтронные рассеяния в интервале переданных импульсов от 0,1 до 2,0 (ГэВ/с)².

В § 2 рассмотрен комплекс программ реального времени и обработки данных.

В процессе эксплуатации установка работала сначала на линии с ЭВМ БЭСМ-4 (1975–1978 гг.) и начиная с 1979 г. на линии с ЭВМ ЕС-1040. Программа для работы на линии с БЭСМ-4/1/ выполняла функции контроля, накопления и анализа информации. Управление работой программы велось в режиме диалога экспериментатор — ЭВМ.

При разработке нами комплекса программ реального времени спектрометра ДИСК-2/2,3/ для ЭВМ ЕС-1040 был использован опыт создания аналогичных систем для установок БИС-2 и "Кристалл".

В работе отмечены основные моменты, связанные с возможностью параллельного решения в реальном масштабе времени следующих основных задач: приема и накопления на магнитных лентах данных; технического и физического контроля; оперативного взаимодействия экспериментатора с ЭВМ.

Рассмотрены вопросы эффективного использования оперативной памяти; инициализации и оперативной настройки комплекса программ; сбора, накопления и первичного контроля экспериментальных данных.

Программы обработки данных используются в режиме работы на линии (on-line) и в режиме off-line. Каждая зарегистрированная установкой частица анализируется по десяти критериям (время пролета на разных базах, ионизационные потери в сцинтилляторах, интенсивности всплеск черенковского излучения), которые образуют пространство событий. Организация программы многомерного анализа позволяет в процессе обработки данных выделять события в различных многомерных областях и строить одномерные и двумерные проекции содержимого этих

областей на оси координат пространства событий. Анализ полученных распределений позволяет не только вычислить число событий определенного сорта и статистические характеристики спектров, но и оценить вклад случайных совпадений при больших нагрузках регистрирующей аппаратуры. Для оценки скоррелированного по скорости фона используется линейная связь времен пролета вторичных частиц на двух базах.

Эффективное управление работой комплекса программ и контроль поступающей информации невозможны без развитой системы оперативного взаимодействия экспериментатора с комплексом программ. Для управляющего воздействия созданы группы команд управления набором статистики, выводом информации, управлением накопителем на магнитной ленте, выводом диагностических сообщений, функционированием программ обработки и анализа полученных результатов.

В § 3 описана программа^{4/} для моделирования работы установки методом Монте-Карло. Она позволяет вычислять аксептанс и импульсное разрешение спектрометра, координатные и импульсные распределения частиц, форму и положение времяпролетных спектров для различных импульсов и сортов частиц. Приведены сведения об организации программы, дается описание ее работы и сравнение результатов, полученных на ее основе, с расчетами, выполненными другими методами. Приведены примеры расчета времяпролетных спектров и их сравнение с экспериментальными распределениями.

Расчеты, выполненные на основе нашей программы, использовались при проведении измерений и обработке экспериментальных данных на установке ДИСК-2.

В третьей главе приведены экспериментальные данные по инвариантным инклюзивным сечениям рождения положительных и отрицательных пионов при взаимодействии протонов с импульсом 8,9 ГэВ/с с легкими ядрами H, D, He, ⁶Li. Вторичные пионы регистрировались в интервале углов вылета 90°-180° относительно направления первичного пучка и в интервале импульсов от 150 до 880 МэВ/с. Значительная часть данных из приведенного интервала относится к кумулятивной области.

В § I описана процедура определения инвариантных инклюзивных сечений. Рассмотрены величины поправок, которые использовались при вычислении сечений рождения пионов на легких ядрах. Это поправки на торможение и многократное рассеяние вторичных частиц в веществе спектрометра и мишени, распад пионов, а также поправки, обусловленные размерами мишени и усреднением величины сечений по интервалу импульсов ΔP . Вычисление аксептанса установки с учетом поправок для каждой конкретной экспериментальной ситуации проводилось с помощью моделирования методом Монте-Карло на основе описанной выше программы^{4/}. Статистическая точность расчетов не хуже 5%.

Абсолютные величины сечений измерены с точностью 15%. Основной вклад в эту величину дают эффекты, связанные с неконтролируемым разбросом результатов, полученных в различных сеансах работы на ускорителе.

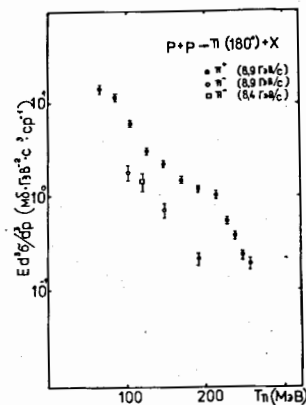


Рис. 2. Инвариантные сечения рождения пионов на ядрах водорода в зависимости от кинетической энергии.

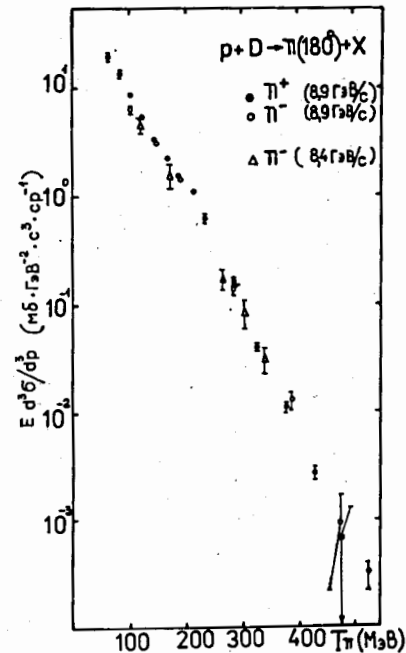


Рис. 3. Инвариантные сечения рождения пионов на ядрах дейтерия в зависимости от кинетической энергии.

В § 2 в виде двух таблиц и графиков представлены измеренные нами^{5,6,7/} величины инвариантных дифференциальных сечений. На рис. 2, 3 показана зависимость инвариантных сечений от кинетической энергии T_{π} -мезонов для ядер водорода и дейтерия и угла эмиссии пионов 180°, а на рис. 4 приведена зависимость для ядер гелия и углов 180°, 168°, 154°, 120° и 90°. Параметр T_0 при описании энергетических спектров пионов зависимостью $\exp(-T/T_0)$ имеет следующие значения: для угла 180° и ядра дейтерия - $51,0 \pm 1,2$ в мягкой части спектра ($T_{\pi} < 214$ МэВ) и $35,3 \pm 0,9$ в кумулятивной области ($T_{\pi} > 280$ МэВ); для случая фрагментации гелия - $47,9 \pm 1,1$ в мягкой и $41,7 \pm 0,6$ в кумулятивной части спектра. Значение параметра T_0 зависит от угла эмиссии и равно $54,4 \pm 2,9$ для 120° и $84,0 \pm 0,5$ для 90° в случае рождения пионов на ядре гелия.

На рис. 5 инвариантные сечения рождения T_{π}^{+} -мезонов на ядре

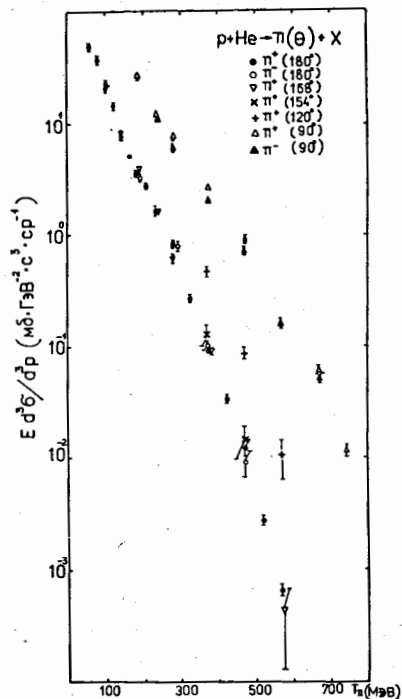


Рис. 4. Инвариантные сечения рождения пионов на ядрах гелия в зависимости от кинетической энергии для различных углов наблюдения.

отражение аналогичной зависимости от $\cos \theta$ кумулятивного числа. Отметим, что отношение инвариантного сечения на один нуклон фрагментирующего ядра для рождения π^+ -мезона на ядре свинца к этой же величине для ядра гелия меняется от $\sim 1,8$ до $0,3$ при изменении $\cos \theta$ от -1 до $0,6$.

Выполнено описание инвариантных сечений зависимостью $\exp(-X/\langle X \rangle)$. Если значение параметра $\langle X \rangle$ равно $0,137 \pm 0,002$ в интервале $1,0 \leq X \leq 3,4$ для случая рождения пионов на среднем и тяжелом ядре^{8/}, то для ядра дейтерия этот параметр равен $0,0982 \pm 0,0016$ в интервале $1,0 \leq X \leq 1,6$.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что среднее значение отношения выхода π^+ -мезонов к выходу π^- -мезонов в измеренном интервале кинетических энергий равно $1,04 \pm 0,05$ для ядра

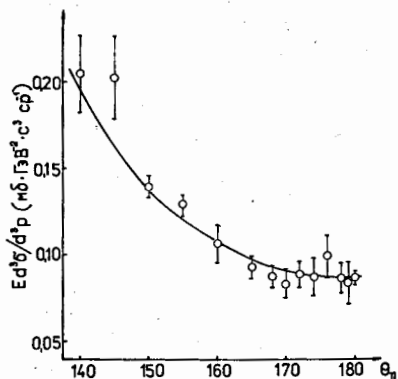


Рис. 5. Зависимость инвариантных сечений рождения положительных пионов с импульсом 500 МэВ/с от угла наблюдения.

гелия с импульсом 500 МэВ/с представлены в зависимости от угла эмиссии. На рис. 6 инвариантные сечения на один нуклон фрагментирующего ядра для рождения π^+ -мезонов с импульсом 500 МэВ/с на ядрах D , ${}^4\text{He}$, Pb построены в зависимости от $\cos \theta$. Примерно линейная зависимость логарифма сечения от $\cos \theta$ при фиксированной величине импульса частиц есть

${}^4\text{He}$ и угла эмиссии 180° ; $1,10 \pm 0,05$ для ядра дейтерия и угла 180° и

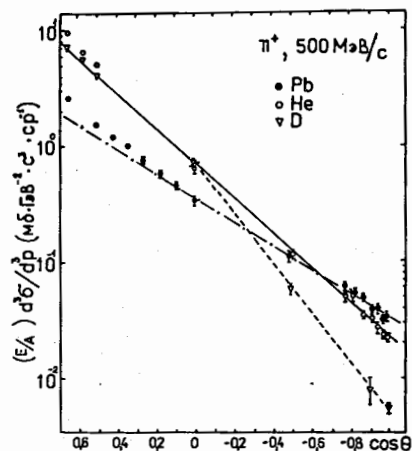


Рис. 6. Инвариантные сечения на один нуклон фрагментирующего ядра для рождения π^+ -мезонов с импульсом 500 МэВ/с в зависимости от $\cos \theta$.

выводов теории использовали наши данные по кумулятивному рождению пионов на дейтерии. Действительно, энергетические спектры пионов качественно подобны для дейтерия и тяжелых ядер, хотя средние ферми-импульсы в этих двух случаях существенно различаются, а за счет только многократного рассеяния вообще невозможно получить нуклон, летящий под углом 180° .

В § 4 приведено сравнение экспериментальных данных по кумулятивному рождению пионов на дейтерии с расчетами, выполненными в рамках релятивистского импульсного приближения. Этот теоретический подход был развит в работах М.И. Стрикмана и Л.Л. Франкфурта^{9/}. Они отмечают, что в настоящее время сравнение теоретических формул с результатами измерений в данном случае является предварительным.

В четвертой главе выполнен анализ эмпирических закономерностей кумулятивного рождения мезонов в протон-ядерных взаимодействиях^{8/} и их интерпретация на основе теоретических моделей.

В § 1 рассмотрено поведение энергетических спектров и угловых зависимостей инвариантных сечений пионов и каонов. Из анализа данных, полученных на установке ДИСК-2 при импульсе первичных протонов 8,9 ГэВ/с, а также данных, полученных сотрудниками ИТЭФ в экспери-

^{9/} Стрикман М.И., Франкфурт Л.Л. ЭЧАЯ, 1980, т. II, с. 350.

ментах при энергии 400 ГэВ², следует, что представление экспериментальных данных в виде параметризации $\exp(-T/T_0)$ не способно отразить удовлетворительным образом существенные характеристики кумулятивного эффекта: предельную фрагментацию и универсальный параметр наклона энергетических спектров.

В § 2 обсуждаются зависимости инвариантных сечений кумулятивного рождения пионов от атомного веса фрагментирующего ядра. Использование большого набора ядер^{8/} позволило детально изучить так называемые усиленные или аномальные Λ -зависимости. Показано, что при $X > 1$ поведение сечения рождения пионов выходит на режим Λ^1 для ядер с атомным весом $\Lambda \geq 20+30$, а также что характер Λ -зависимости сечения рождения быстрых частиц на ядрах в заднюю полу-сферу определяется не их импульсом и углом эмиссии, а кумулятивным числом X .

В § 3 рассмотрено понятие кварк-партоновых структурных функций ядер – самостоятельных (не сводимых к однонуклонным) характеристик, которые являются основными объектами экспериментальных исследований в области релятивистской ядерной физики. Наиболее прямой способ их измерения – исследование глубокоэластического рассеяния лептонов на ядрах. Однако из-за малости сечений электромагнитных и слабых взаимодействий основные сведения о кварк-партоновых структурных функциях ядер были получены на основе исследования предельной фрагментации ядер.

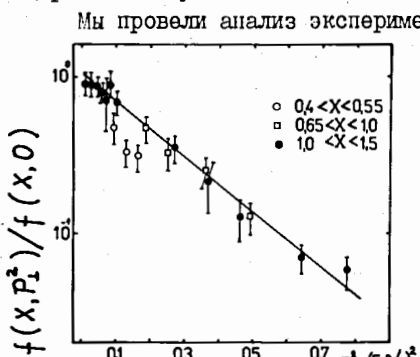


Рис. 7. Зависимость величины отношения $\Phi(P_1^2) = f(x, P_1^2)/f(x, 0)$ от поперечного импульса для случая рождения пионов на ядре гелия.

$$= 0,9 \exp(-2,7 P_1^2) + 0,1. \text{ Этой же зависимости удовлетворяют данные}$$

рождению мезонов в переменных X (обобщенная масштабная переменная) и P_1^2 .

На рис. 7 показаны отношения сечений рождения Λ^+ -мезонов на ядре гелия для одинаковых X при поперечном импульсе, отличном от нуля, и для $P_1^2 = 0$. В интервале $0,65 \leq X \leq 1,5$ получено описание данных функцией

$$\Phi(P_1^2) = (0,99 \pm 0,06) \exp(-(4,01 \pm 0,21) P_1^2),$$

где P_1^2 выражено в ГэВ.

Для ядра свинца в p Pb- и d Pb- взаимодействиях получена функциональная зависимость $\Phi(P_1^2) =$

зависимости удовлетворяют данные

по p Ta-взаимодействиям при энергии первичных протонов 400 ГэВ. Отметим, что зависимость от P_1^2 в кумулятивной области отличается от обычно используемого распределения

$$\Phi(P_1^2) = (\exp(-10 P_1^2) + 0,45 \exp(-2,7 P_1^2)) / 1,45.$$

Параметризация инвариантных сечений кумулятивного рождения для различных частиц и для широкого энергетического интервала (от 9 до 400 ГэВ) зависимостью $\exp(-X/\langle X \rangle)$ дает единый параметр наклона спектров, который в пределах экспериментальных ошибок равен $\langle X \rangle = 0,14$, в том числе и для случая измерения кварк-партоновой структурной функции в реакции $\mu + {}^{12}\text{C} \rightarrow \mu + \dots$ при энергии 280 ГэВ и больших $Q^2 = 100 \text{ ГэВ}^2$. Структурная функция для \mathcal{J}^\pm - и K^\pm -мезонов примерно одинакова, а для K^- -мезонов подобна структурной функции для \mathcal{J}^\pm - и K^+ -мезонов, но значение ее величины составляет 5 % от последней. Эти факты находятся в удовлетворительном согласии с предсказаниями кваркового механизма для случая кумулятивного рождения: валентные кварки сталкивающихся объектов составляют часть K^+ - и \mathcal{J}^\pm -мезонов, но не входят в состав K^- -мезона. Равенство сечений для кумулятивных \mathcal{J}^+ - и K^+ -мезонов можно интерпретировать как результат подхвата из симметричного кваркового моря \bar{d} - и \bar{s} -кварков выбитыми валентными u -кварками.

Анализ экспериментальных данных показал, что величины инвариантных инклюзивных сечений примерно одинаковы при одинаковых кумулятивных числах вторичных пионов для импульсов первичных протонов 8,9 ГэВ/с и 400 ГэВ/с.

В § 4 рассмотрена кварк-партоновая картина кумулятивного рождения мезонов. Во всех рассмотренных теоретических моделях кумулятивного эффекта используются для сравнения с расчетами наши экспериментальные данные. В рассмотренных моделях получено объяснение целого ряда экспериментальных фактов, однако, как отмечается самими теоретиками, ни одна из предложенных моделей не дает полного описания всех характерных особенностей кумулятивного рождения мезонов.

В выводах сформулированы основные результаты диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

I. Создано математическое обеспечение спектрометра ДИСК-2, в которое входят следующие компоненты: программы для работы установки на линии с ЭВМ, программа для моделирования работы установки методом Монте-Карло, программы обработки и анализа экспериментальных данных. Программное обеспечение было использовано при проведении экспериментов с помощью установки ДИСК-2 на синхрофазотроне ОИЯИ и обработке результатов измерений в период с 1975 по 1982 гг.

⁸Nikiforov N.A. et al. Phys.Rev., 1980, vol.22C, p.700.

2. Впервые выполнено экспериментальное исследование рождения пионов при взаимодействии протонов с импульсом 8,9 ГэВ/с с легкими ядрами H, D, ^4He в интервале углов вылета 90° – 180° относительно направления первичных протонов и в импульсном интервале 150–880 МэВ/с. Исследованы энергетические спектры и угловые зависимости инвариантных инклюзивных сечений. Значительная часть данных относится к случаю кумулятивного рождения частиц.

3. Экспериментальные исследования закономерностей образования пионов на легких ядрах подтвердили предсказания гипотезы кумулятивного ядерного эффекта.

4. Проведен анализ инвариантных инклюзивных сечений, приведенных в диссертации, в переменной X (обобщение масштабной переменной). В кумулятивной области $X > 1$ данные соответствуют кварк-партоновой структурной функции ядра как самостоятельному (не сводимому к однонуклонным) объекту адронной физики. Таким образом, в диссертации впервые изучена кварк-партоновая структурная функция ядра для $X > 1$.

5. Инвариантные инклюзивные сечения кумулятивного рождения пионов, испущенных из ядер дейтерия ($1 \leq X \leq 1,6$), ядер алюминия и свинца ($1 \leq X \leq 3,4$) были описаны зависимостью $\exp(-X/\langle X \rangle)$. Получено для величины $\langle X \rangle$ значение $0,0982 \pm 0,0016$ в случае легкого и $0,137 \pm 0,002$ в случае среднего и тяжелого ядер.

6. Впервые для тяжелого (Pb) и легкого (^4He) ядер получена зависимость инвариантных инклюзивных сечений рождения π -мезонов от P_{\perp}^2 . Оказалось, что зависимость сечения кумулятивного рождения от поперечного импульса отличается (она более слабая) от аналогичной зависимости для некумулятивной области.

7. Проведено качественное сравнение экспериментальных данных с предсказаниями различных вариантов кварк-партоновой модели кумулятивного рождения мезонов.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Аверичева Т.В., Балдин А.М., Басиладзе С.Г., Бондарев В.К., Гиордэнеску Н., Голованов Л.Б., Крячко А.П., Мазарский В.Л., Манятовский А.Н., Маткшэвский Е.А., Мороз Н.С., Нежданова С.А., Никитюк Н.М., Панебратцев Ю.А., Повторейко А.А., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н., Цвинев А.П. Установка для исследования кумулятивного рождения частиц (ДИСК). ОИЯИ, I-II317, Дубна, 1978. – 20 с.
2. Иванченко И.М., Карпенко Н.Н., Панебратцев Ю.А., Садовников В.Н., Сеннер А.Е., Сеннер Л.А., Ставинский В.С. Комплекс программ реального времени для исследования на установке ДИСК-2 кумулятивного рождения частиц. ОИЯИ, IO-8I-754, Дубна, 1981. – II с.

3. Иванченко И.М., Карпенко Н.Н., Панебратцев Ю.А., Рихвицкий С.В., Сеннер А.Е., Сеннер Л.А., Ставинский В.С. Руководство по работе на ЭВМ ЕС-1040 с комплексом программ ДИСК-2. ОИЯИ, B2-IO-8I-7I6, Дубна, 1981. – 52 с.
4. Панебратцев Ю.А., Ставинский В.С. Программа для моделирования работы установки ДИСК-2 методом Монте-Карло. ОИЯИ, I-82-896, Дубна, 1982. – 7 с.
5. Балдин А.М., Бондарев В.К., Голованов Л.Б., Мазарский В.Л., Манятовский А.Н., Мороз Н.С., Панебратцев Ю.А., Повторейко А.А., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н., Цвинев А.П. Кумуляция легких ядер. ОИЯИ, PI-III68, Дубна, 1977. – 14 с.
6. Baldin A.M., Khrenov A.N., Manyatovsky A.N., Moroz N.S., Stavinsky V.S., Panebratsev Yu.A., Povtorejko A.A., Rikhvitsky S.V., Angular and Energy Dependence of Cumulative Particle Production Cross Sections. In: European Conf. on Particle Physics, Budapest, 1977. Abstracts ... Budapest, 1977. – p.37.
7. Балдин А.М., Бондарев В.К., Гиордэнеску Н., Голованов Л.Б., Мазарский В.Л., Манятовский А.Н., Мороз Н.С., Панебратцев Ю.А., Пентя М., Повторейко А.А., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н., Цвинев А.П. Экспериментальные данные по кумулятивному рождению пионов при взаимодействии протонов с импульсом 8,9 ГэВ/с с легкими ядрами. ОИЯИ, I-82-28, Дубна, 1982. – 12 с.
8. Baldin A.M., Bondarev V.K., Ghiordanescu N., Khrenov A.N., Litvinenko A.G., Manyatovsky A.N., Moroz N.S., Panebratsev Yu.A., Pentic M., Rikhvitsky S.V., Stavinsky V.S. Experimental Data on Inclusive Cross Section for Cumulative Production of Pions, Kaons, Antiprotons and the Quark-Parton Structure Function of Nuclei. JINR, B1-82-472, Dubna, 1982. – 28 p.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 марта 1983 года.