

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2 - 442

1-84-120

ЧЕПЛАКОВ

Александр Павлович

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ π^{\pm} -МЕЗОНОВ
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ЛЕГКИХ
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР
С ЯДРАМИ УГЛЕРОДА И ТАНТАЛА

Специальность: 01.04.01 – экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1984

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

А.П. ГАСПАРЯН

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Ю.М. ШАБЕЛЬСКИЙ

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
профессор

В.И. МАНЬКО

доктор физико-математических наук
профессор

В.Б. ФЛЯГИН

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва.

Защита диссертации состоится " " _____ 1984 г.
в _____ час на заседании специализированного совета
Д-047.01.02 при Лаборатории высоких энергий Объединенного
института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области,
Лаборатория высоких энергий ОИЯИ, конференц зал.

Автореферат разослан " " _____ 1984 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Ученый секретарь Специализированного
совета

М.Ф. ЛИХАЧЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

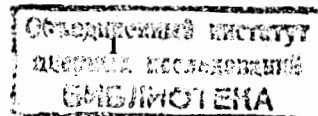
Актуальность проблемы. Эксперименты в новой области исследований физики высоких энергий – релятивистской ядерной физике – обращаются к фундаментальным вопросам строения элементарных частиц и атомного ядра. Столкновения ядер при высоких энергиях создают принципиальные предпосылки для наблюдения новых, необычных явлений. Во многих теоретических моделях рассматривается проявление механизмов коллективного типа в характеристиках вторичных частиц. Это стимулирует интерес к исследованию множественной генерации частиц в ядро-ядерных столкновениях.

Для понимания происходящих процессов важным является анализ поведения множественности рождающихся частиц, различных корреляционных характеристик, а также интерпретация экспериментальных данных в рамках модели, рассматривающей соударение ядер как суперпозицию независимых нуклон-ядерных столкновений.

Цель работы состояла в создании системы программ обработки экспериментальной информации, получаемой с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры, изучении множественности π^- -мезонов, образующихся во взаимодействиях легких релятивистских ядер с легкой и тяжелой мишенями, исследовании многочастичных корреляций среди положительных и отрицательных пионов, разработке модели многократного рассеяния для анализа экспериментальных данных и оценке вклада коллективных механизмов в процессы множественного рождения.

Новизна и научная ценность работы. Впервые систематически изучены распределения по множественности π^- -мезонов, рождающихся во взаимодействиях протонов и легких релятивистских ядер с ядрами углерода и тантала в интервале импульсов ($2 \div 10$) ГэВ/с на нуклон.

Разработана модель многократного рассеяния, позволяющая удов-



летворительно описывать такие экспериментальные характеристики ядро-ядерных столкновений, как сечения взаимодействия ядер, распределения по числу взаимодействующих протонов (нуклонов), а также распределения по множественности пионов.

Впервые исследованы многочастичные корреляции в ядро-ядерных взаимодействиях при высоких энергиях. Проведено сравнение с расчетами, выполненными в рамках каскадной модели. Показано, что корреляционный анализ чувствителен к модельным предсказаниям.

Полученные экспериментальные данные и выполненные расчеты важны для проверки различных теоретических подходов к описанию процесса взаимодействия ядер, для разработки новых теоретических моделей множественного рождения частиц.

Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что они могут быть использованы при планировании новых экспериментов по исследованию взаимодействий адронов и ядер с ядрами при высоких энергиях.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы представлялись на Международных конференциях по физике высоких энергий и структуре ядра в Токио (1978), Ванкувере (1979), Дрездене (1980), Версале (1981), Париже (1982), Мичигане (1982), в Балатонфюред (1983), а также докладывались на сессиях Отделения ядерной физики АН СССР в 1980-1982 г.г., на семинарах ЛВЭ и совещаниях международного сотрудничества по исследованиям на двухметровой пропановой камере ЛВЭ ОИЯИ.

Публикации. Основное содержание работы опубликовано в журнале "Ядерная физика", в препринтах, сообщениях ОИЯИ и в материалах вышеупомянутых международных конференций.

Объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Текст содержит 77 страниц, включая 10 таблиц и 28 рисунков. Список литературы содержит 75 наименований.

Автор защищает:

1. Результаты обработки и анализа взаимодействий протонов, ядер дейтерия, гелия и углерода с ядрами углерода и тантала в интервале импульсов ($2 \div 10$) ГэВ/с на нуклон-около 3 тнс. взаимодействий.

2. Данные, полученные при исследовании множественности π^- -мезонов в соударениях протонов с ядрами углерода и тантала и в столкновениях легких релятивистских ядер d, He и C с ядрами тантала.

3. Результаты анализа многочастичных корреляций π^+ и π^-

мезонов, рождающихся в неупругих взаимодействиях ядер углерода с ядрами тантала и в центральных углерод-углеродных взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон.

4. Результаты вычисления сечений взаимодействия, распределений по числу взаимодействующих нуклонов (протонов) и распределений по множественности вторичных частиц в рамках разработанной модели многократного рассеяния.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении отмечается актуальность исследования процессов множественного рождения частиц в ядерных столкновениях при высоких энергиях, сформулирована основная цель работы и приведено краткое содержание диссертации.

В первой главе диссертации описываются методические вопросы получения и обработки экспериментальных данных.

Экспериментальный материал был получен с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры с внутренней мишенью из трех танталовых пластин, помещенной в магнитное поле напряженностью $H \approx 15$ кГс.

Камера экспонировалась в пучках протонов и легких релятивистских ядер $d, ^4He$ и ^{12}C на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ при импульсах протонов ($2 \div 10$) ГэВ/с и первичных импульсах ядер ($2 \div 5$) ГэВ/с на нуклон. В диссертации приводятся общие характеристики камеры, системы фотографирования и пучковых ядер.

Просмотр стереоснимков производился на просмотрных столах БПС-1 и БПС-2. Отобранные события измерялись затем на полуавтоматах типа ПУОС и САМЕТ, работающих на линии с ЭВМ БЭСМ-4. Математическая обработка измеренных событий производилась с помощью программы геометрической реконструкции ГЕОМТ^{х)} на ЭВМ СДС-6500. После проверки качества измерения и восстановления треков события записывались на ленту суммарных результатов. Точность определения параметров вторичных частиц оказалась равной:

$$\langle \Delta p/p \rangle = (11,5 \pm 0,3) \%$$

$$\langle \Delta \text{tg} \alpha \rangle = (0,0103 \pm 0,0002),$$

$$\langle \Delta \beta \rangle = (0,0063 \pm 0,0003) \text{ рад},$$

где p - импульс частицы, $\text{tg} \alpha$ - тангенс глубинного угла, β - азимутальный угол.

^{х)} Нгуен Дин Тн и др. ОИЯИ, I-5942, Дубна, 1971.

Определена примесь событий в пропане к взаимодействиям, отнесенным по визуальным критериям к событиям в тантале. Эта примесь для различных первичных ядер составляет $(9 \pm 13)\%$. Получены значения некоторых методических поправок к множественности \mathcal{K}^- -мезонов.

Модернизирована программа геометрической реконструкции ГЕОФИТ: введен блок восстановления точки взаимодействия налетающего ядра, что позволило значительно ускорить набор статистики. Создана система программ, с помощью которых в настоящее время осуществляется предварительная обработка событий и подготовка ленты суммарных результатов.

Вторая глава диссертационной работы посвящена изучению множественности \mathcal{K}^- -мезонов во взаимодействиях протонов с ядрами углерода и тантала и в столкновениях легких релятивистских ядер $d, {}^4\text{He}, {}^{12}\text{C}$ с ядрами тантала при импульсах $(2 \div 10)$ ГэВ/с на нуклон.

Получены новые данные по неупругому взаимодействию протонов с ядрами углерода и тантала при импульсах $(2 \div 10)$ ГэВ/с.

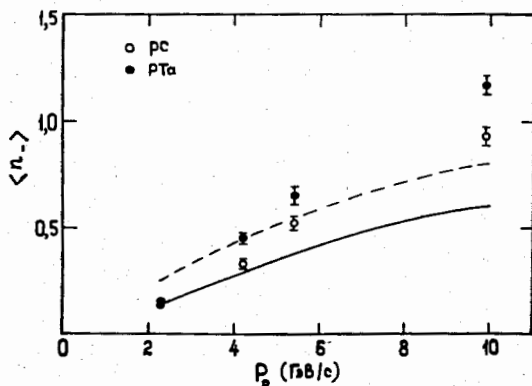


Рис. 1.

Средние множественности \mathcal{K}^- -мезонов в неупругих взаимодействиях протонов с ядрами углерода и тантала в зависимости от импульса протона.

На рис. 1 представлены средние множественности \mathcal{K}^- -мезонов в зависимости от импульса налетающего протона. Средняя множественность растет во всем диапазоне энергий. Для сравнения на рисунок нанесена зависимость средней множественности \mathcal{K}^- -мезонов в pN-столкновениях в нормировке на полное (сплошная линия) и неупругое сечения (штриховая). Начиная с первичного импульса ~ 4 ГэВ/с, в неупругих взаимодействиях протонов на ядрах заметно размножение \mathcal{K}^- -мезонов. Было исследовано поведение коэффициента размножения \mathcal{K}^- -мезонов.

При одинаковой средней множественности распределения по числу

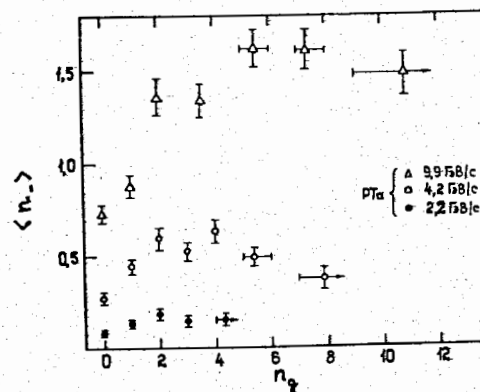


Рис. 2.

Зависимость средней множественности от числа g -частиц n_g в pTa-взаимодействиях.

рожденных \mathcal{K}^- -мезонов в pTa-взаимодействиях шире, чем в pN-соударениях, тогда как распределения в pC-столкновениях подобны наблюдаемым в pN-взаимодействиях.

В неупругих взаимодействиях протонов с ядром тантала наблюдается зависимость средней множественности \mathcal{K}^- -мезонов от числа g -частиц, к которым относились протоны с импульсами в интервале $(240 \div 700)$ МэВ/с. Увеличение множественности с ростом n_g наиболее заметно при импульсе протона 9,9 ГэВ/с. Эти данные можно качественно понять при предположении, что число g -следов пропорционально числу внутриядерных столкновений. Вначале, при переходе от периферических соударений, с ростом числа протонов отдачи возрастает вклад кратных неупругих взаимодействий, что ведет к росту средней множественности. Последующее увеличение числа столкновений не дает вклада в среднюю множественность, так как протон уже потерял большую часть своей энергии. При этом растет относительная доля событий упругого внутриядерного рассеяния. Наблюдаемая корреляция позволяет выделить в эксперименте взаимодействия налетающего протона последовательно с несколькими нуклонами, т.е. взаимодействия, происходящие при относительно малых прицельных параметрах. Результаты такого отбора использовались при генерации распределений по множественности в модели многократного рассеяния.

Разработан и использован метод восстановления распределений по множественности отрицательных пионов во взаимодействиях ядер с ядрами с учетом различных методических поправок. Это позволило получить распределения по множественности \mathcal{K}^- -мезонов в соударениях с

ядром тантала ядер дейтерия и гелия при импульсах (2 ÷ 5) ГэВ/с на нуклон, и ядер углерода при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон. В таблице приведены средние множественности $\langle n_- \rangle$ и дисперсии $D_-^2 = \langle n_-^2 \rangle - \langle n_- \rangle^2$ распределений по множественности отрицательных пионов. Средняя множественность π^- -мезонов быстро растет с ростом атомного веса летающего ядра и с ростом энергии.

Таблица

Средние значения $\langle n_- \rangle$ и дисперсии D_-^2 распределений по множественности π^- -мезонов во взаимодействиях легких релятивистских ядер (d, He, C) с ядрами тантала при различных значениях первичного импульса $P_0 = (2 \div 5)$ ГэВ/с на нуклон

A	P_0	Эксперимент	Расчет	Эксперимент	Расчет
C	4,2	$3,40 \pm 0,20$	3,56	$9,30 \pm 0,60$	9,19
He	5,1	$1,93 \pm 0,10$	1,97	$2,40 \pm 0,20$	2,86
	4,2	$1,60 \pm 0,10$	1,53	$1,76 \pm 0,15$	1,94
	2,3	$1,61 \pm 0,03$	0,62	$0,61 \pm 0,05$	0,59
d	5,1	$1,15 \pm 0,10$	1,13	$1,04 \pm 0,10$	1,14
	4,2	$0,91 \pm 0,05$	0,86	$0,84 \pm 0,05$	0,88
	2,3	$0,34 \pm 0,04$	0,36	$0,29 \pm 0,02$	0,30

В случае C-Ta - столкновений при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон экспериментальное распределение по множественности намного шире пуассоновского, для которого $\langle n \rangle / \omega^2 = 1$. Уширение распределения заметно и для He-Ta - взаимодействий при импульсе 5,1 ГэВ/с на нуклон. Это, в основном, связано с увеличением вклада в дисперсию распределения флуктуации числа взаимодействующих нуклонов ядра - снаряда.

Полученные распределения по множественности π^- -мезонов в центральных столкновениях ядер гелия и углерода с танталом при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон оказались близкими к распределениям Пуассона при $\langle n_- \rangle$, равных экспериментальным значениям. Такое поведение рас-

пределений уже наблюдалось^{x)} и согласуется с предсказаниями термодинамической модели ядро-ядерных взаимодействий.

В третьей главе диссертации соударения ядер с ядрами рассмотрены в рамках модели многократного рассеяния.

Основной гипотезой является предположение об аддитивности фаз^{xx)} согласно которому фаза рассеяния ядер A и B равна сумме фаз рассеяния нуклонов ядра A на нуклонах ядра B. Предполагается также, что нуклон-нуклонными корреляциями в ядрах можно пренебречь. Тогда сечение некогерентного взаимодействия ядра A с ядром B при высокой энергии может быть представлено в виде

$$\sigma_{AB}^{react} = \int d^2b \{1 - [D(b)]^A\} \quad (1)$$

$$D(b) = \int \rho_A(t-b) \exp[-\sigma_B \rho_B(t)] d^2t \quad (2)$$

где ρ_A и ρ_B - одночастичные плотности ядер, проинтегрированные по продольным координатам:

$$\rho(t) = \int \rho(t, t_2) dt_2, \quad \int \rho(t) d^2t = 1 \quad (3)$$

σ_{NN}^{tot} - полное сечение нуклон-нуклонного взаимодействия. Используемый в $\sqrt{2}$ вид функции $D(b)$ соответствует учету диаграмм, в которых каждый нуклон ядра A может взаимодействовать с одним или несколькими нуклонами ядра B, но каждый нуклон ядра B взаимодействует только один раз.

На рис. 3 рассчитанные по формулам (1), (2) сечения σ_{AB}^{react} сравниваются с имеющимися экспериментальными данными, которые представлены в виде пунктирной линии. Видно неплохое согласие расчетных и экспериментальных величин.

Функция $D(b)$ (2) определяет вероятность одному из нуклонов летающего ядра A пройти сквозь ядро-мишень B без взаимодействия. Вероятность того, что именно N_A нуклонов ядра A провзаимодействуют, равна

$$V(N_A) = \frac{1}{\sigma_{AB}^{react}} C_A^{N_A} \int d^2b [D(b)]^{A-N_A} [1-D(b)]^{N_A} \quad (4)$$

x) Е. Бартке и др. ЯФ, 1980, 32, с. 699.

xx) R.J. Glauber. High Energy Phys. and Nucl. Structure, Amsterdam, 1967.

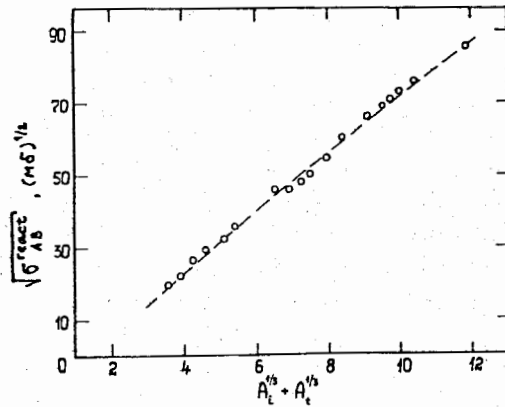


Рис. 3.
Сечения σ_{AB}^{react} взаимодействия релятивистских ядер с ядрами. Аппроксимация известных экспериментальных данных приведена в виде пунктирной линии. Кружками отмечены рассчитанные по формулам (1), (2) величины сечений для различных пар ядер.

Далее, с помощью комбинаторики можно рассчитать получаемые на опыте распределения по заряду Z_{st} стриппинговых, т.е. невзаимодействовавших нуклонов:

$$Z_{st} = Z_A - Z, \quad (5)$$

где Z_A — электрический заряд налетающего ядра A , Z — суммарный заряд взаимодействующих нуклонов ядра-снаряда.

На рис. 4 представлены в виде гистограмм распределения по стриппинговому заряду в HeC , $HeTa$, CC и CTa — столкновениях. Наблюдается согласие расчетов с экспериментальными данными для $HeTa$ и CTa -взаимодействий

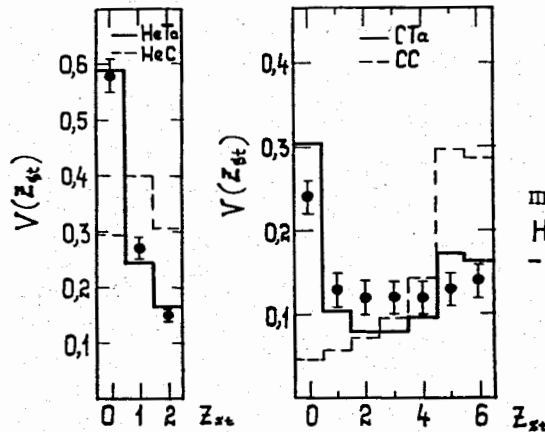


Рис. 4.

Распределения по стриппинговому заряду Z_{st} в HeC , $HeTa$, CC и CTa — столкновениях.

На основе модели многократного рассеяния было рассмотрено рождение π^- -мезонов. Если каждый из N_A нуклонов взаимодействует независимо от других, то ядро-ядерное соударение сводится к суперпозиции нуклон-ядерных столкновений. Характеристики нуклон-ядерных столкновений были взяты из опыта. При этом учтено различие характеристик протон- и нейтрон-ядерных взаимодействий, а также то обстоятельство, что малые значения N_A отвечают периферическим ядро-ядерным (а значит, и нуклон-ядерным) столкновениям, а значения $N_A > \langle N_A \rangle$ — более центральным взаимодействиям.

На рис. 5 представлены распределения по множественности π^- -мезонов в неупругих столкновениях ядер дейтерия, гелия и углерода с ядрами тантала при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон. Расчеты, выполненные

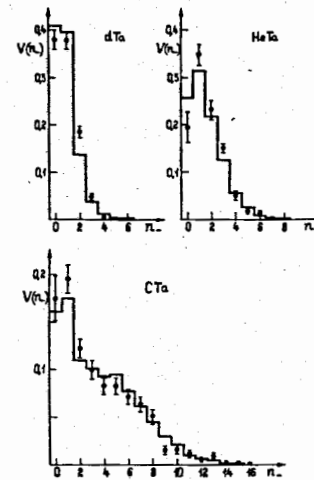


Рис. 5.

Распределения по множественности π^- -мезонов в неупругих столкновениях ядер d , He , C с ядрами Ta при импульсе $p_0 = 4,2$ ГэВ/с на нуклон.

путем генерации по методу Монте-Карло, приведены в виде гистограмм. Имеется неплохое согласие расчетов с экспериментальными данными. Расчеты согласуются с экспериментом и при других импульсах налетающих ядер. Это видно из сравнения данных таблицы, где приводятся экспериментальные и рассчитанные в модели средние значения $\langle n \rangle$ и дисперсии D^2 распределений по множественности π^- -мезонов в соударениях легких ядер с ядрами тантала.

Согласие расчетов и эксперимента говорит о правильности сделанного ранее предположения о вкладе в дисперсию распределения по множественности π^- -мезонов флуктуаций в числе взаимодействующих нуклонов налетающего ядра.

В рамках модели многократного рассеяния были получены распреде-

ления по множественности для взаимодействий, отобранных по задан- ным критериям. На рис. 6 в виде гистограмм представлены рассчитан- ные распределения при различных ограничениях на N_A и Z_{st} в соударениях гелия и углерода с танталом при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон. Расчеты неплохо описывают множественность π^- -мезонов в цен- тральных HeTa- и CTa- соударениях (при $Z_{st} = 0$).

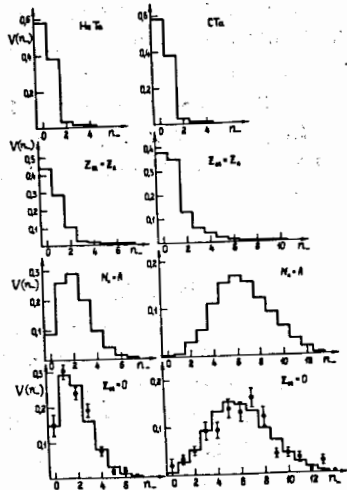


Рис. 6.
Распределения по мно- жественности π^- -мезонов при различных ограничениях на N_A и Z_{st} в соударениях ядер (He, C) и Ta при им- пульсе $P_0 = 4,2$ ГэВ/с на нуклон.

Сравнение расчетов с экспериментальными данными показало, что для обнаружения нетривиальных эффектов нужен, по-видимому, анализ более детальных (возможно, корреляционных) характеристик процесса взаимодействия ядер.

Четвертая глава диссертации посвящена исследованию многопион- ных корреляций в неупругих CTa- и центральных CC-взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон. Интерес к анализу корреляцион- ных эффектов вызван, в частности, работой ^{x)}, где в качестве причи- ны коррелированного рождения большого числа π^- -мезонов рассматри- вается распад мультиизобарного состояния, образующегося в месте локального возбуждения ядерной материи при когерентном взаимодей- вии нуклонов сталкивающихся ядер. Поэтому одной из целей исследова- ния было определение вклада Δ -изобар в рождение пионов.

Изучение многопионных корреляций проводилось путем анализа спектров эффективных масс $M_{n\pi}$ групп из n ($n = 2, 3, 4$) тождес- венных пионов. Экспериментальные распределения по $M_{n\pi}$ сравнивались с соответствующими фоновыми распределениями, которые получались при

x) Wakamatsu M. Nuovo Cim., 1980, 56A, 336.

комбинировании π^- -мезонов, взятых случайным образом из разных собы- тий. Фоновые распределения нормировались на число комбинаций в эк- периментальных, начиная с некоторых граничных значений масс $M_{n\pi}$, по "хвостам" распределений. На рис. 7 представлены (открытые круж- ки) величины отношений экспериментальных распределений по эффектив- ной массе $M_{n\pi}$ к фоновым

$$R_n = M_{n\pi}^{\text{эксп}} / M_{n\pi}^{\text{фон}} \quad (6)$$

для систем n -отрицательных пионов в зависимости от массы системы $M_{n\pi}$ (в единицах массы пиона $m_\pi = 139$ МэВ). Горизонтальные линии указывают на объединение нескольких интервалов.

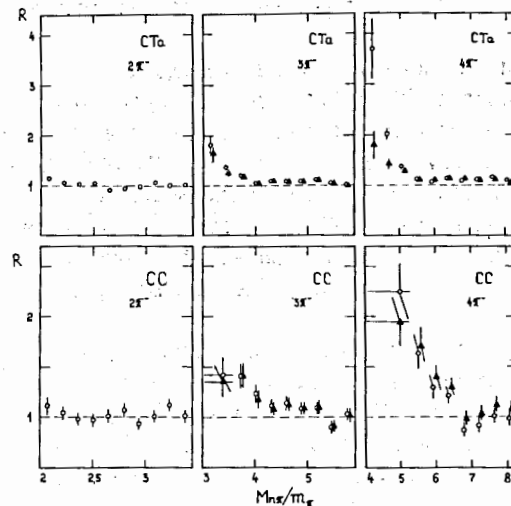


Рис. 7.
Отношения R_n экспери- ментальных распределений по эффективной массе $M_{n\pi}$ к фо- новым для групп n ($n = 2, 3, 4$) π^- -мезонов в CTa и CC- центральных соударениях.

Видно, что экспериментальные распределения превышают фоновые в области малых эффективных масс $M_{n\pi}$, причем эффект становится более заметным с ростом n . Превышение экспериментальных распределений над фоновыми указывает на наличие корреляций в испускании двух, трех и четырех пионов. Так как при этих энергиях в нуклон-нуклонных столк- новениях сечение рождения двух и более π^- -мезонов не превышает 3% неупругого сечения, наблюдаемый эффект отражает особенности процес- са многонуклонных взаимодействий релятивистских ядер с ядрами (оцен- ка полного числа взаимодействующих нуклонов $\langle \nu_N \rangle$ дала: $\langle \nu_N \rangle_{CC} \sim 20$ и $\langle \nu_N \rangle_{CTa} \sim 25$).

Черные треугольники на рис. 7 представляют экспериментальные значения отношения R_n ($n = 3, 4$) для фона, когда $(n-1)$ пион был взят из одного события, а один пион - из другого. Заметное отличие

R_n от единицы в области малых масс $M_{\pi\pi}$ для такой процедуры построения фона говорит о существовании в группах из трех и четырех пионов корреляций, которые нельзя объяснить, соответственно, двух- и трехпионными корреляциями.

Аналогичное поведение обнаруживают и группы из π^+ -мезонов, рожденных в СТа и СС-столкновениях.

Подобный результат был предсказан ранее^{х)} при анализе интерференционных эффектов в системах тождественных частиц.

Расчеты для обоих вариантов фона, выполненные для СС-центральных соударений, сгенерированных по каскадной модели^{хх)}, не дали существенного отклонения отношения R_n от единицы при всех $n = 2, 3$ и 4 . Это свидетельствует о правильности выбора способа нахождения многочастичных корреляций.

Для дальнейшего анализа использовались пионы, испущенные из "области корреляций", т.е. вошедшие хотя бы в одну из групп $n\pi$ с малым значением массы $M_{n\pi}$ - из области масс, где имеется превышение экспериментальных распределений над фоновым ($R_n(M_{n\pi}) > 1$). Всего в данный набор в СС-центральных взаимодействиях вошло 1076 отрицательных пионов, что составляет около 30% общего числа π^- -мезонов в событиях с $n_{\pi} \geq 2$. Для надежно идентифицированных π^+ -мезонов (имеющих импульс $p_{\pi^+} \leq 600$ МэВ/с) соответствующие величины равны: 874 π^+ -мезона или 40%.

Отметим, что пионы, испущенные из области корреляции, имеют малые поперечные импульсы. Распределение по квадрату поперечного импульса таких π^- -мезонов в неупругих СТа-взаимодействиях удовлетворительно аппроксимируется одной экспонентой с наклоном (45 ± 3) (ГэВ/с)⁻², в то время как в распределении для всех π^- -мезонов из СТа-соударений хорошо виден вклад двух экспонент:

$$\frac{dN}{dp_{\perp}^2} = 0,85 \cdot \exp(-44 \cdot p_{\perp}^2) + 0,15 \cdot \exp(-8,5 \cdot p_{\perp}^2), \quad (7)$$

где p_{\perp}^2 измеряется (ГэВ/с)². Такой характер распределения свидетельствует, по-видимому, о преимущественно изобарном механизме рождения π^- -мезонов.

Для определения вклада Δ -изобар в СС-центральных соударениях изучались спектры эффективных масс $M_{\pi^-\rho}$ и $M_{\pi^+\rho}$. Из анализа были исключены протоны - спектаторные фрагменты налетающего ядра и испарительные протоны, а также π^+ -мезоны с импульсом $p_{\pi^+} > 600$ МэВ/с.

^{х)} Г.И. Копылов, ОИЯИ, Р2-72II, Дубна, 1973; G.I. Kopylov et al. JINR, E2-9249, Dubna, 1975.
^{хх)} К.К. Гудима, В.Д. Тонеев, ЯФ, 1978, 27, с. 658.

Учет периферического механизма возбуждения изобар позволил существенно уменьшить относительный вклад ложных комбинаций в распределение по эффективной массе $M_{\pi\rho}$. Пары (π, ρ) в событиях подбирались таким образом, чтобы угол разлета пиона и протона в азимутальной плоскости, перпендикулярной пучку, был наибольшим из возможных. При этом каждому π^- -мезону ставился в соответствие только один протон.

На рис. 8 приводится экспериментальное распределение по эффективной массе $M_{\pi\rho}$ для π^- -мезонов, испущенных из области корреляции. Распределение аппроксимировалось (сплошная линия) зависимостью:

$$\frac{dN}{dM} = F_{\text{фон}}(M) \cdot (1 + \alpha \cdot F_{\text{BW}}(M)) \quad (8)$$

Здесь $F_{\text{фон}}(M)$ - фоновое распределение, полученное при многократном отборе пионов и протонов из разных событий с применением затем описанного алгоритма подбора пар (π, ρ). Каскадная модель удовлетворительно воспроизводит фоновое распределение, совпадающее с экспериментальным при использовании всех пионов. Отбор π^- -мезонов из области корреляции в событиях, сгенерированных по каскадной модели, не приводит к существенному изменению формы распределения, в то время как экспериментальное распределение сужается и сдвигается к малым массам. Резонансная функция $F_{\text{BW}}(M)$ в формуле (8) выбиралась

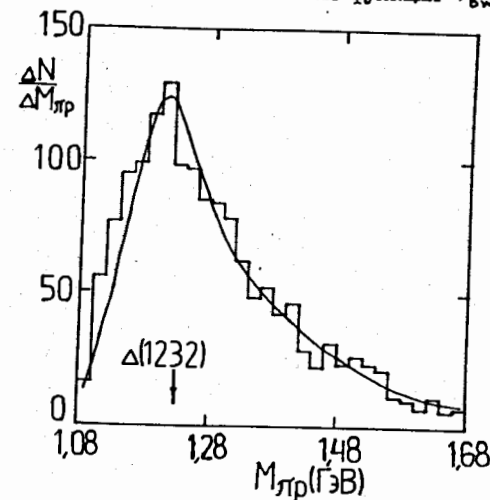


Рис. 8.
Спектр эффективных масс $M_{\pi\rho}$ в углерод-углерод центральных взаимодействиях при импульсе $P_0 = 4,2$ ГэВ/с на нуклон. Сплошная линия - аппроксимирующая кривая (8) с учетом резонансной функции Брейта-Вигнера (10)

с учетом экспериментального разрешения $\sigma(m)$:

$$F_{\text{BW}}(M) = \int_{m_+ + m_p}^{\infty} \tilde{F}_{\text{BW}}(m) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2(m)}} \exp\left[-\frac{(m-M)^2}{2\sigma^2(m)}\right] dm, \quad (9)$$

где $\sigma(m) = 113 \cdot m(\text{МэВ}) - 115$, а модифицированная функция Брейта-Вигнера имела вид

$$\tilde{F}_{\text{вн}}(M) = \frac{M}{q} \frac{\Gamma}{(M^2 - M_0^2) + M_0^2 \Gamma^2},$$

$$\Gamma = \Gamma_0 \left(\frac{q}{q_0} \right)^3 \frac{\rho(M)}{\rho(M_0)}, \quad \rho(M) = \frac{1}{M^2} [(M + m_p)^2 - m_\pi^2]. \quad (\text{I0})$$

Здесь $M_0 = 1232$ МэВ, $\Gamma_0 = 115$ МэВ – масса и ширина резонанса, q – импульс одной из двух частиц пары (π, p) в собственной системе отсчета массы M . Вклад Δ -изобар определяется величиной отношения

$$a \int F_{\text{вн}}(M) \cdot F_{\text{вн}}(M) dM / \int \frac{dN}{dM} dM. \quad (\text{II})$$

В результате аппроксимации экспериментального распределения для отношения (II) получено значение $0,39 \pm 0,20$ ($\chi^2_{\text{ст.св.}} = 1,6$).

Таким образом, заметная часть π^+ и π^- -мезонов, испущенных из области корреляции, рождается в распадах Δ_{33} -изобар. Образование Δ -изобар во взаимодействиях релятивистских ядер с ядрами наблюдается впервые.

Анализ многочастичных корреляций, сравнение с теоретическими расчетами, выполненными, например, по каскадной модели, учитывающей, наряду с ограничением доступного фазового объема, также искажения, вносимые процедурами различных выборок, может быть полезным для изучения динамики множественных процессов. При этом для дальнейших исследований необходимо, в частности, учитывать в теоретических моделях эффекты интерференции тождественных частиц, взаимодействия в конечном состоянии.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы:

1. Создана система программ для обработки событий и подготовки ленты суммарных результатов.
2. Впервые получены обширные экспериментальные данные по множественному образованию π^- -мезонов в протон-ядерных и в ядро-ядерных соударениях в интервале импульсов ($2 \div 10$) ГэВ/с на нуклон.
3. Наблюден эффект коррелированного испускания групп тождественных π^+ и π^- -мезонов, связанный с образованием мультиизобарных состояний в многонуклонных взаимодействиях ядер.
4. Разработана модель многократного рассеяния для столкновений релятивистских ядер, в рамках которой находят удовлетворительное описание, общие характеристики ядро-ядерных взаимодействий.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Н. Ангелов, ..., А.П. Чеплаков и др. Некоторые методические вопросы, связанные с обработкой событий, образованных релятивистскими ядрами p , d , He , C в пропановой пузырьковой камере. ОИЯИ, I-12424, Дубна, 1979.

2. Ц. Баатар, ..., А.П. Чеплаков. Множественность π^- -мезонов в неупругих взаимодействиях протонов с ядрами C и Ta в интервале импульсов $2 \div 10$ ГэВ/с. ОИЯИ, I-80-III, Дубна, 1980; ЯФ, 1980, т. 32, с. 1372.

3. А.П. Гаспарян, А.П. Чеплаков, Ю.М. Шабельский. Распределение по числу взаимодействующих нуклонов в соударениях релятивистских ядер. ОИЯИ, I-80-853, Дубна, 1980; ЯФ, 1981, т. 34, с. 1328.

4. N. Akhbabian, ..., A.P. Cheplakov et al. Observation of π^- -meson correlated emission in $C-Ta$ interactions at $P_0 = 4,2$ GeV/c per nucleon. JINR, E1-81-470, Dubna, 1981; ЯФ, 1981, т. 34, с. 1517.

5. Г.Н. Агакишиев, ..., А.П. Чеплаков. Распределения по множественности π^- -мезонов, образующихся при взаимодействии легких ядер с ядрами тантала при импульсах $P_0 = 2 \div 5$ ГэВ/с на нуклон. ОИЯИ I-83-22; Дубна, 1983.

6. А.П. Гаспарян, А.П. Чеплаков, Ю.М. Шабельский. Рождение π^- -мезонов при соударении релятивистских ядер в модели многократного рассеяния. ОИЯИ, PI-83-165, Дубна, 1983; ЯФ, 1984, т. 39, с. 766.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 февраля 1984 года.