

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б - 12

1-81-688

Баатар Цэпилдоржийн

ХАРАКТЕРИСТИКИ  $\pi$ -МЕЗОНОВ,  
ОБРАЗОВАННЫХ В СТОЛКНОВЕНИЯХ  
ЛЕГКИХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР  
 $d, {}^4\text{He}$  И  ${}^{12}\text{C}$  С ЯДРАМИ ТАНТАЛА  
ПРИ ИМПУЛЬСЕ  $P_0=4,2$  ГэВ/с НА НУКЛОН

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1981

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий  
Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук  
старший научный сотрудник

Анатолий Павлович  
Гаспарян

кандидат физико-математических наук  
младший научный сотрудник

Ирина Александровна  
Ивановская

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук  
старший научный сотрудник  
кандидат физико-математических наук  
старший научный сотрудник

Юлиан Арамович  
Будагов  
Александр Иванович  
Титов

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт теоретической и экспериментальной физики, г. Москва.

Защита диссертации состоится " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 198\_\_ г. в \_\_\_\_\_ час.  
на заседании Специализированного совета Д-047.01-02 при Лаборатории  
высоких энергий Объединенного института ядерных исследований, г. Дуб-  
на Московской области, Лаборатория высоких энергий ОИЯИ, конференц-  
зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.  
Автореферат разослан " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 198\_\_ г.

Учёный секретарь Специализированного  
совета

Лихачев М.Ф.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

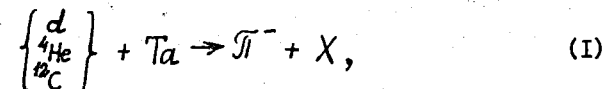
Актуальность проблемы. Ускорение дейтронов до релятивистских энергий в 1970 году на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ стало началом успешного развития нового направления физики высоких энергий - релятивистской ядерной физики.

Изучение процесса множественного рождения частиц в ядерных столкновениях при высоких энергиях и больших передачах импульса имеет первостепенное значение для понимания механизма сильных взаимодействий и структуры атомного ядра. Исследование процесса множественной генерации частиц в ядро-ядерных столкновениях при высоких энергиях тесно связано с изучением коллективных взаимодействий в ядре. В настоящее время широко обсуждаются такие явления, как ударная волна, сверхплотные ядра, кумулятивное образование частиц и т.д. Согласно различным моделям вклад коллективных взаимодействий должен сказаться на импульсных и угловых характеристиках вторичных частиц. С этой точки зрения целесообразно провести сравнительный анализ импульсных и угловых характеристик вторичных частиц (в частности,  $\Pi$  - мезонов), образованных в ядро-ядерных и нуклон-нуклонных столкновениях. Также представляет интерес сравнение экспериментальных распределений с расчётами в рамках моделей, которые не учитывают коллективных явлений.

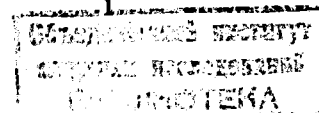
Число вторичных частиц, рожденных в ядро-ядерных взаимодействиях, существенно растёт с ростом атомного веса ядра-снаряда. Поэтому при изучении процесса множественного рождения частиц в ядерных столкновениях целесообразно применить инклюзивный подход, при котором исследуются характеристики выделенного типа частиц. Для инклюзивных процессов были выдвинуты такие фундаментальные гипотезы, как масштабная инвариантность и предельная фрагментация, в которых сформулированы новые принципы инвариантности сильных взаимодействий при высоких энергиях.

Изучение процесса множественного рождения частиц в ядерных столкновениях на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ представляет большой интерес, так как ядра ускоряются до первичных энергий, при которых справедлива гипотеза предельной фрагментации ядер ( $P_0 = 3,5+4$  ГэВ/с на нуклон/).

Цель работы. Настоящая диссертация посвящена экспериментальному изучению процесса множественного рождения  $\Pi^-$ -мезонов в следующих реакциях:



при первичном импульсе на нуклон 4,2 ГэВ/с.



Целью диссертационной работы является проведение анализа экспериментальных данных по множественности, одночастичным инклюзивным спектрам, корреляционным характеристикам вторичных частиц и выявление основных закономерностей исследуемых процессов.

Новизна и научная ценность работ. Впервые систематически изучены характеристики  $\Pi^-$ - мезонов, образованных в ядро-ядерных взаимодействиях, в зависимости от атомного веса ядра-снаряда при первичном импульсе на нуклон 4,2 ГэВ/с.

Проанализированы распределения по множественности, импульсным и угловым характеристикам  $\Pi^-$ - мезонов, образованных в реакциях (I). Полученные результаты сравнивались с данными по нуклон-нуклонным взаимодействиям и предсказаниями каскадной модели. Впервые проведен анализ импульсных и угловых характеристик  $\Pi^-$ -мезонов, рожденных в ядерных столкновениях, в зависимости от переменной  $n_k$ , характеризующей порядок кумулятивности. Показано, что этот анализ чувствителен к модельным предсказаниям. Экспериментальные данные по образованию  $\Pi^-$ - мезонов и проведенный в диссертации сравнительный анализ результатов важны как для проверки существующих, так и для разработки новых теоретических моделей множественного рождения частиц при высоких энергиях.

Практическая ценность работ. Полученные в данной работе результаты могут быть использованы при проектировании новых экспериментов по исследованию взаимодействий адронов и ядер с ядрами при высоких энергиях.

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

Публикации. Основное содержание работы опубликовано в 5 статьях в журнале "Ядерная физика", в виде препринтов ОИЯИ и в материалах вышеупомянутых международных конференций.

Объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Текст содержит 105 страниц, включая 22 таблицы и 35 рисунков. Список литературы насчитывает 63 наименования.

Автор выдвигает для защиты следующие результаты:

1. Прделанную работу по изучению и обработке  $1354 d^{Ta}, 674 HeTa$  и  $1177 C^Ta$  взаимодействий, полученных с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ при первичном импульсе ядер-снарядов 4,2 ГэВ/с на нуклон.

2. Результаты, полученные при исследовании множественности  $\Pi^-$ - мезонов, рожденных в реакциях (I).

3. Результаты исследования одночастичных инклюзивных спектров  $\Pi^-$ -мезонов, образованных в столкновениях легких релятивистских ядер  $d, ^4He$  и  $^{12}C$  с ядрами тантала.

4. Результаты, полученные при исследовании импульсных и угловых характеристик вторичных отрицательных пионов, рожденных в реакциях (I), в зависимости от переменной  $n_k$ , характеризующей порядок кумулятивности.

#### СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении отмечается актуальность изучения процессов множественной генерации частиц в ядерных столкновениях при высоких энергиях и больших передачах импульса, а также сформулирована основная цель и содержание диссертации.

В первой главе описываются методические особенности получения и обработки экспериментальных данных.

Экспериментальный материал был получен с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры ППК-500 ЛВЭ ОИЯИ с внутренней мишенью из танталовых пластин, помещенной в магнитном поле напряженностью  $H \approx 15$  кГс.

Камера экспонировалась в пучках легких релятивистских ядер  $d, ^4He$  и  $^{12}C$  на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ при импульсе на нуклон 4,2 ГэВ/с. В диссертации приводятся основные характеристики камеры, магнитного поля, системы фотографирования и пучковых ядер.

Просмотр стереоснимков производился на просмотрных столах БПС-1 и БПС-2. При просмотре отбирались события, образованные в танталовых мишенях, и вся информация относительно множественности различных типов вторичных частиц записывалась сначала в специальных журналах просмотра, а затем на магнитную ленту суммарных результатов (ДСТ - просмотра).

Измерение найденных событий проводилось на полуавтоматах типа ПУОС и САМЕТ, работающих на линии с ЗЕМ БЭСМ-4 ЛВТА. Математическая обработка событий проводилась на ЗЕМ СДС-6500 по программе ГЕОФИТ\*, созданной сотрудниками ЛВЭ. После проверки качества измерения события записывались на ленту суммарных результатов (ДСТ -

\*Нгуен Дин Тн и др. ОИЯИ, I-5942, Дубна, 1971.

измерений). Точность определения параметров вторичных частиц оказалась равной:

$$\begin{aligned} \langle \frac{\Delta P}{P} \rangle &= (11,5 \pm 0,3) \%, \\ \langle \Delta \text{tg} \alpha \rangle &= (0,0103 \pm 0,0002), \\ \langle \Delta \beta \rangle &= (0,0063 \pm 0,0002) \text{ рад}, \end{aligned}$$

где  $P$  - импульс частицы;  $\text{tg} \alpha$  - тангенс глубинного угла;  $\beta$  - азимутальный угол /3/.

Среди событий, отобранных при просмотре, имелась примесь событий, образованных в слое пропана толщиной  $\sim 1$  мм, прилегающем к танталовым пластинам. Эта примесь составила  $(9 \pm 3)\%$ ,  $(9 \pm 3)\%$  и  $(13 \pm 4)\%$  соответственно для  $d\text{Ta}$ ,  $\text{HeTa}$  и  $\text{CTa}$  - взаимодействий.

Была внесена поправка на потерю  $\Pi^-$ -мезонов, вылетающих под углом около  $90^\circ$  к направлению пучка и "застревающих" в пластине, а также на потерю частиц, вылетающих под большим углом к плоскости фотографирования. Эта поправка составила для облучения дейтронами, ядрами гелия и углерода соответственно 11; 13 и 7%. Примесь неидентифицируемых электронов не превышала 5%, средний граничный импульс, начиная с которого  $\Pi^-$ -мезоны уверенно идентифицировались, составлял 80 МэВ/с.

Вторая глава посвящена изучению множественности отрицательных пионов, рожденных в ядро-ядерных взаимодействиях /1,2/.

На рис. 1 представлены распределения по множественности  $\Pi^-$ -мезонов, образованных в реакциях (1).

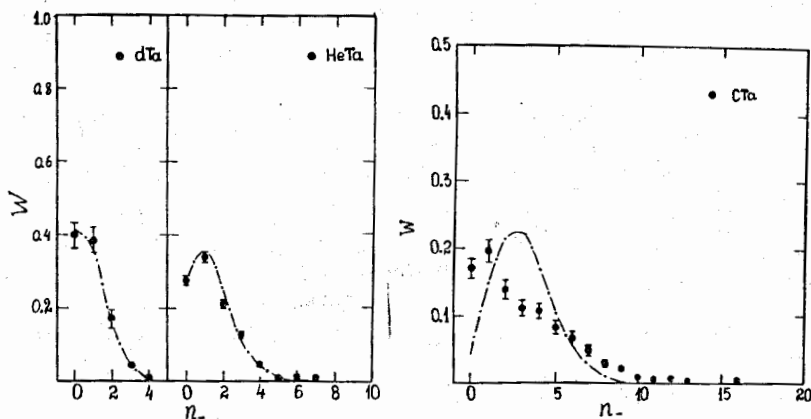


Рис. 1. Распределения по множественности  $\Pi^-$ -мезонов, образованных в неупругих взаимодействиях  $d$ ,  $^4\text{He}$  и  $^{12}\text{C}$  с танталом.

Кривые на рисунках соответствуют распределениям Пуассона с параметрами, равными экспериментальным средним значениям. В таблице I при-

ведены величины средних множественностей  $\langle n_- \rangle$  и дисперсий  $\mathcal{D}_- = \sqrt{\langle n_-^2 \rangle - \langle n_- \rangle^2}$  распределений по множественности отрицательных пионов.

Таблица I

Величины Тип взаимодействия	$\langle n_- \rangle$	$\mathcal{D}_-$	$\frac{\langle n_- \rangle}{\mathcal{D}_-^2}$
$d\text{Ta}$	$0,90 \pm 0,06$	$0,88 \pm 0,05$	$1,16 \pm 0,15$
$\text{HeTa}$	$1,6 \pm 0,1$	$1,22 \pm 0,04$	$1,08 \pm 0,08$
$\text{CTa}$	$3,4 \pm 0,2$	$2,90 \pm 0,08$	$0,40 \pm 0,03$

Из рис. 1 и из приведенных в таблице I значений отношения  $\langle n_- \rangle / \mathcal{D}_-^2$  видно, что в случае налетающих легких ядер распределения по множественности  $\Pi^-$ -мезонов почти не отличаются от пуассоновских, а в случае углеродного облучения распределение заметно шире пуассоновского.

На рис. 2 представлена зависимость средней множественности отрицательных частиц от среднего числа провазимодействовавших нуклонов ядра-снаряда  $\langle \nu_i \rangle$ . Из рис. 2 видно, что множественность  $\Pi^-$ -мезонов,

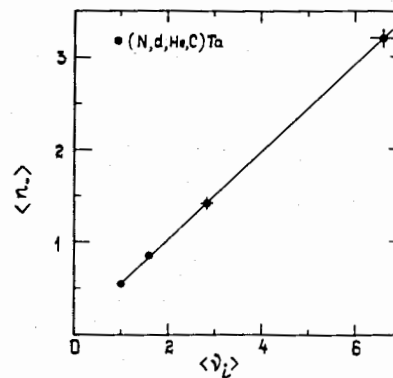


Рис. 2. Зависимость средней множественности  $\langle n_- \rangle$  от  $\langle \nu_i \rangle$ .

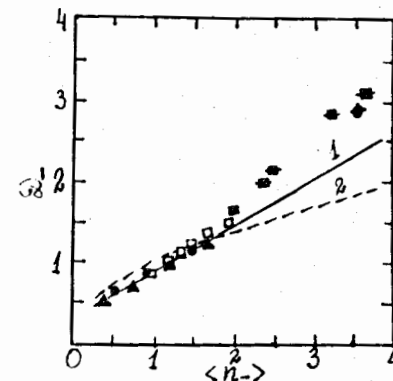


Рис. 3. Зависимость дисперсии  $\mathcal{D}_-$  от средней множественности  $\langle n_- \rangle$  в pp- и ядро-ядерных взаимодействиях.

рожденных в ядро-ядерных взаимодействиях, линейно растёт с увеличением числа провазимодействовавших нуклонов ядра-снаряда.

На рис. 3 показана зависимость дисперсии  $\mathcal{D}_-$  от средней множественности  $\langle n_- \rangle$ . Наши данные для реакций (1) и для взаимодействий с пропаном представлены кружками и треугольниками. Здесь также приведены

экспериментальные данные по взаимодействиям ядер гелия с ядрами  $Li$ ,  $C$ ,  $Ne$ ,  $N$ ,  $Cu$ ,  $Pb$  (светлые квадраты) и ядер углерода с ядрами  $C$ ,  $Ne$ ,  $Si$ ,  $Cu$ ,  $Zr$  (темные квадраты) при импульсе  $P_0=4,5$  ГэВ/с на нуклон, полученные на стримерной камере СКМ-200 ЛВЭ ОИЯИ. Прямая соответствует эмпирической зависимости Врублевского для неупругих рр-взаимодействий в интервале импульсов 4-400 ГэВ/с.

Штриховой кривой показана зависимость, соответствующая распределению Пуассона. Из рис.3 отчетливо видно, что экспериментальные точки для взаимодействий  $d$  и  $He$  с различными ядрами ( $\langle n \rangle < 2$ ) "ложатся" на линейную зависимость Врублевского. Однако для взаимодействий ядер углерода с тяжелыми мишенями ( $Zr$ ,  $Ta$  и т.д.) наблюдается отклонение от линейной зависимости в сторону относительного уширения распределений. Наблюдаемое уширение распределений по числу  $\Pi^-$ -мезонов, рожденных в столкновениях ядер углерода с различными тяжелыми ядрами, связано с флуктуациями в числе провзаимодействовавших нуклонов ядра-снаряда.

В третьей главе приводятся импульсные и угловые характеристики  $\Pi^-$ -мезонов, образованных в столкновениях легких релятивистских ядер с ядрами тантала  $^{181}Ta$ . В начале этой главы кратко описаны экспериментальные данные по нуклон-нуклонным взаимодействиям при импульсе 3,83 ГэВ/с и каскадная модель, с которыми проводилось сравнение данных по ядро-ядерным взаимодействиям.

В таблице 2 приведены средние характеристики  $\Pi^-$ -мезонов, образованных во взаимодействиях (I), а именно: средний импульс  $\langle P \rangle$ ; средний угол вылета  $\langle \theta \rangle$ ; средний поперечный импульс  $\langle P_T \rangle$  и средняя быстрота  $\langle y \rangle$ . Как видно из табл. 2, средние характеристики  $\Pi^-$ -мезонов почти не зависят от типа ядра-снаряда. Наблюдается только небольшое ( $\sim 10\%$ ) уменьшение среднего угла  $\langle \theta \rangle$  и увеличение средней быстроты  $\langle y \rangle$  при переходе от дейтрона к углероду.

Таблица 2

Тип взаимодействия	$\langle P \rangle$ (ГэВ/с)	$\langle \theta \rangle$ (рад)	$\langle P_T \rangle$ (ГэВ/с)	$\langle y \rangle$
$dTa$	$0,46 \pm 0,01$	$0,99 \pm 0,02$	$0,24 \pm 0,01$	$0,70 \pm 0,01$
$HeTa$	$0,50 \pm 0,02$	$0,91 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,01$	$0,76 \pm 0,02$
$CTa$	$0,48 \pm 0,01$	$0,90 \pm 0,01$	$0,240 \pm 0,003$	$0,79 \pm 0,01$
$NN$	$0,571 \pm 0,004$	$0,732 \pm 0,005$	$0,238 \pm 0,001$	$1,062 \pm 0,007$
ДКМ (для $CTa$ )	$0,47 \pm 0,01$	$0,96 \pm 0,02$	$0,225 \pm 0,004$	$0,77 \pm 0,01$

В последних строках таблицы 2 приведены средние характеристики  $\Pi^-$ -мезонов, рожденных в нуклон-нуклонных взаимодействиях при импульсе 3,83 ГэВ/с, и предсказания каскадной модели ДКМ. Из таблицы видно, что средние значения импульсов и быстрот  $\Pi^-$ -мезонов, рожденных в ядро-ядерных взаимодействиях, систематически ниже, средние значения поперечных импульсов в пределах экспериментальных ошибок одинаковы, а средние углы вылета больше, чем в случае нуклон-нуклонных взаимодействий. Также видно, что предсказание каскадной модели для средних характеристик  $\Pi^-$ -мезонов в основном удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными.

Импульсные спектры  $\Pi^-$ -мезонов, образованных в реакциях (I), представлены на рис.4 в полулогарифмическом масштабе. Спектры нормированы на одно взаимодействие.

Прямые линии представляют собой результат аппроксимации спектров экспоненциальной зависимостью:

$$\frac{dn}{dP_T} = a e^{-b P_T} \quad (2)$$

В таблице 3 приведены значения параметров  $a$  и  $b$  для разных типов реакций и соответствующие им значения  $\chi^2$  на одну степень свободы. Как видно из рис.4 и табл.3, импульсные спектры  $\Pi^-$ -мезонов хорошо аппроксимируются экспоненциальной зависимостью с одинаковым показателем для всех первичных ядер.

На рис.5 представлено распределение  $\Pi^-$ -мезонов из  $CTa$ -взаимодействий по квадрату поперечного импульса  $P_T^2$ . Сплошная линия представляет собой результат аппроксимации этого распределения двумя экспонентами:

Таблица 3

$Li$	$d$	$He$	$C$
$a$	$3,0 \pm 0,2$	$5,0 \pm 0,3$	$10,2 \pm 0,3$
$b$	$2,8 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,05$
$\chi^2$	I, II	0,96	I,46

$$\frac{dn}{dP_T^2} = A e^{-aP_T^2} + B e^{-bP_T^2} \quad (3)$$

Коэффициенты  $A, a, B, b$  и значения  $\chi^2$  на одну степень свободы приведены в табл. 4 для разных первичных ядер.

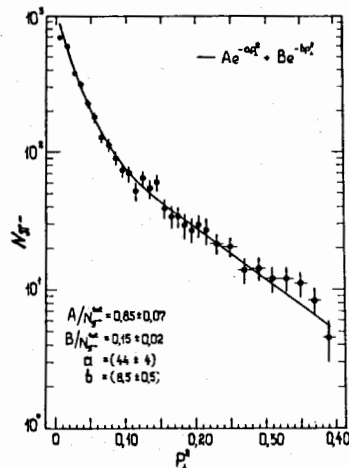


Рис. 5. Распределение по квадрату поперечного импульса  $\pi^-$ -мезонов в СТа-взаимодействиях.

в задней полусфере ( $\chi < 0$ ). Отсюда следует, что система центра масс

Таблица 4

$A_i$	$d$	$He$	$C$
$A$	$0,88 \pm 0,12$	$0,88 \pm 0,11$	$0,85 \pm 0,07$
$B$	$0,12 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,04$	$0,15 \pm 0,02$
$a$	$42 \pm 6$	$39 \pm 5$	$44 \pm 4$
$b$	$8 \pm 1$	$8 \pm 1$	$8,5 \pm 0,5$
$\chi^2$	0,89	0,89	0,93

нуклон-нуклон не является системой центра масс для всей совокупности  $\pi^-$ -мезонов, образованных в СТа - взаимодействиях.

Следовательно, для описания этого распределения требуется учёт внутриядерных процессов.

На рис. 6 приводится также сравнение экспериментального распределения по  $\chi$  с предсказанием модели внутриядерного каскада (ДКМ). Видно, что модель удовлетворительно описывает экспериментальное

Как видно из таблицы 4, распределение по  $P_T^2$  хорошо аппроксимируется двумя экспонентами с одинаковыми параметрами для всех первичных ядер. Такой характер распределения по  $P_T^2$  указывает, по-видимому, на существование двух механизмов образования  $\pi^-$ -мезонов в этих взаимодействиях.

На рис. 6 представлено распределение  $\pi^-$ -мезонов из СТа-взаимодействий в системе центра масс нуклон-нуклон по фейнмановской переменной  $\chi$ . Это распределение несимметрично. Распределение по  $\chi$  хорошо описывается экспоненциальной зависимостью  $e^{\alpha\chi}$  с коэффициентами наклона  $\alpha_n = -6,0 \pm 0,2$  ( $\chi^2 = 0,96$ ) в передней полусфере ( $\chi > 0$ ) и  $\alpha_z = 4,6 \pm 0,1$  ( $\chi^2 = 0,77$ )

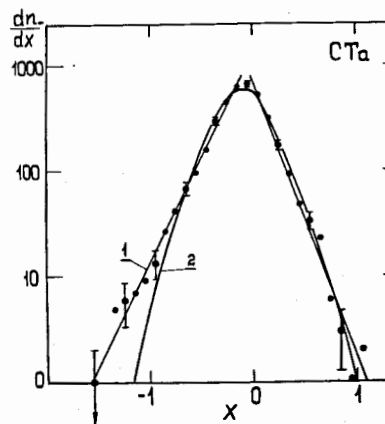


Рис. 6. Распределение  $\pi^-$ -мезонов

из СТа-взаимодействий по фейнмановской  $\chi$  в системе центра масс нуклон-нуклон, 1 - зависимость  $e^{\alpha\chi}$ , 2 - предсказание каскадной модели.

а угловое распределение становится заметно шире, чем в случае нуклон-нуклонных взаимодействий.

Распределения по поперечному импульсу показывают, что в СТа-взаимодействиях рождается относительно больше, чем в нуклон-нуклонных взаимодействиях,  $\pi^-$ -мезонов с малыми и большими поперечными импульсами, при этом средние значения (см. табл. 2) поперечных импульсов в рассматриваемых реакциях оказываются близкими, хотя сами распределения заметно отличаются. Из рис. 7 видно, что распределение  $\pi^-$ -мезонов, образованных в СТа-взаимодействиях, по скорости по сравнению с нуклон-нуклонными данными существенно смещается в сторону области фрагментации ядра-мишени.

На рис. 7 (а, б, в, г) приведены также предсказания каскадной модели. Видно, что каскадная модель в основном удовлетворительно описывает все экспериментальные распределения для СТа - взаимодействий.

В четвертой главе проведен анализ импульсных и угловых характеристик отрицательных пионов, образованных в реакциях (I), в зависимости от переменной  $\eta_K$ , характеризующей порядок кумулятивности <sup>15/</sup>.

Порядком кумулятивности называется следующая величина:

$$\eta_K = \frac{E - P_z}{m_p} \quad (4)$$

распределение, за исключением области  $\chi < -1$ , где в эксперименте по-видимому, наблюдаются кумулятивные  $\pi^-$ -мезоны.

Для выяснения механизма рождения вторичных частиц в ядро-ядерных взаимодействиях нами был проведен сравнительный анализ импульсных и угловых характеристик  $\pi^-$ -мезонов, рожденных в ядро-ядерных и нуклон-нуклонных взаимодействиях. На рис. 7 представлены импульсные и угловые распределения, распределения по поперечному импульсу и скорости  $\pi^-$ -мезонов, рожденных в СТа и нуклон-нуклонных взаимодействиях <sup>15/</sup>. Распределения нормированы на одинаковое полное число  $\pi^-$ -мезонов. Видно, что в СТа-взаимодействиях импульсный спектр  $\pi^-$ -мезонов существенно смягчается,

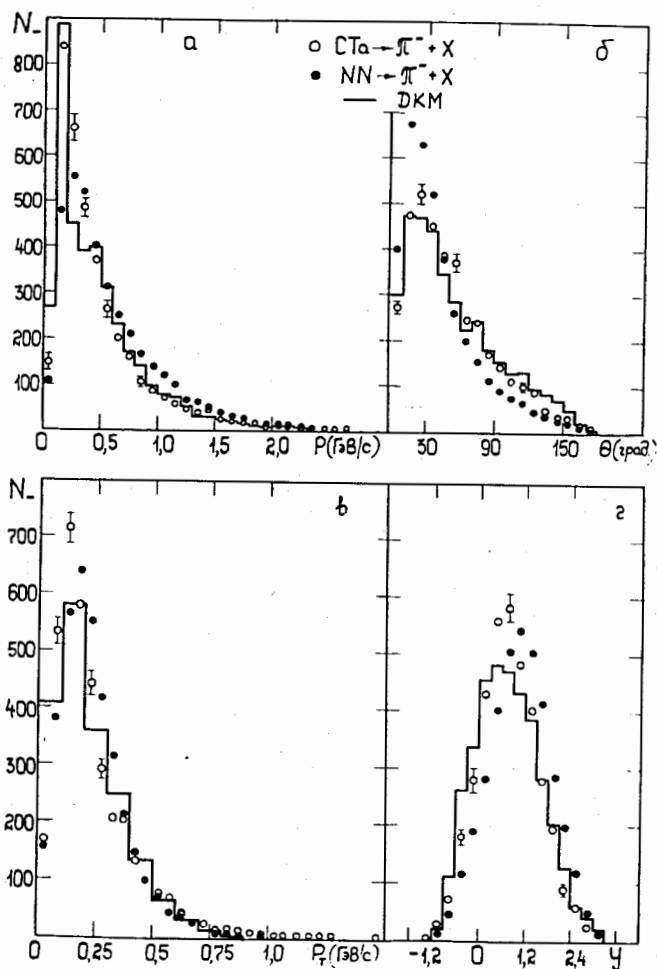


Рис.7. Импульсные (а) и угловые (б) распределения, распределения по поперечному импульсу (в) и быстроте (г)  $\pi^-$ -мезонов, образованных в СтА и нуклон-нуклонных взаимодействиях. Гистограмма - предсказание каскадной модели ДКМ для СтА-взаимодействий.

где  $E$  и  $P_{\parallel}$  - энергия и продольный импульс вторичной частицы в лабораторной системе координат;  $m_p$  - масса протона. Эта величина характеризует минимальную массу мишени, необходимую для образования данной частицы.

На рис.8 представлены распределения  $\pi^-$ -мезонов по величине  $N_K$  для трех типов взаимодействий (I). Распределения нормированы на одно взаимодействие. Из рис.8 видно, что эти распределения при  $N_K > 0,05$  хорошо описываются экспоненциальной зависимостью с близкими наклонами.

На рис. 8 для сравнения приведены также распределения  $\pi^-$ -мезонов по величине  $N_K$  для нуклон-нуклонных взаимодействий и предсказание каскадной модели для СтА-взаимодействий (гистограмма). Видно, что формы распределений по переменной  $N_K$  для нуклон-нуклонных и ядро-ядерных взаимодействий несколько различаются, наблюдается также различие между экспериментальным распределением и предсказанием каскадной модели.

Следует отметить, что в нуклон-нуклонных взаимодействиях не наблюдаются  $\pi^-$ - мезоны с  $N_K > 0,6$ , хотя полное количество зарегистрированных  $\pi^-$ -мезонов в нуклон-нуклонных взаимодействиях почти в 4 раза больше, чем в СтА -взаимодействиях.

Количество  $\pi^-$ -мезонов, генерированных по каскадной модели, примерно в 1,5 раза больше, чем в экспериментальных СтА- взаимодействиях. Однако при этом в генерированных событиях не наблюдаются  $\pi^-$ -мезоны с  $N_K > 0,9$ , а в экспериментальном распределении значения  $N_K$  доходят до 1,2.

На рис.9 (а,б,в) представлена зависимость средних значений импульсов отрицательных пионов, рождённых в столкновениях ядер  $d, {}^4\text{He}$  и  ${}^{12}\text{C}$  с ядрами тантала, от величины переменной  $N_K$ . Здесь также приведены экспериментальные данные по нуклон-нуклонным взаимодействиям

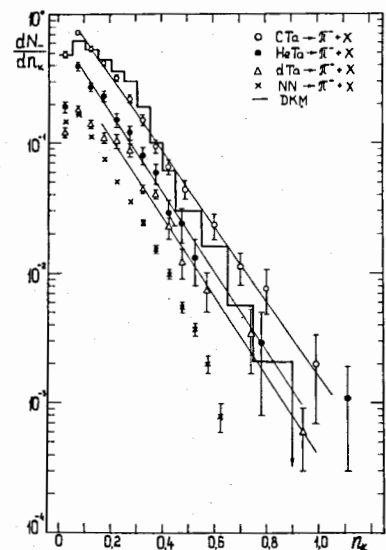


Рис.8. Распределения  $\pi^-$ -мезонов по переменной  $N_K$ , характеризующей порядок кумулятивности.

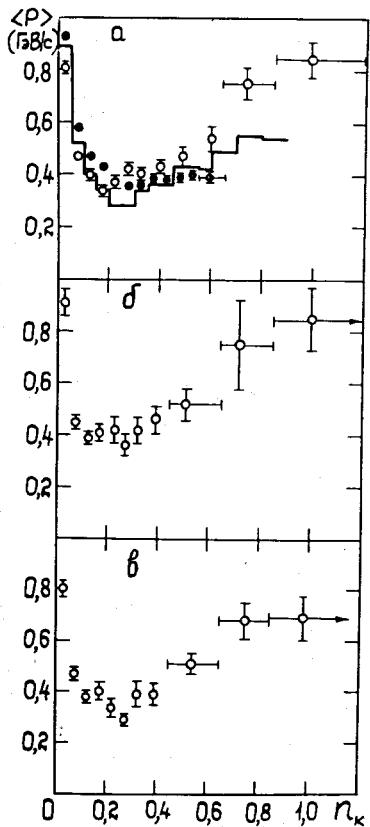


Рис.9. Средние значения импульсов  $\Pi^-$ -мезонов в зависимости от переменной  $n_k$  для STa(a), HeTa (б) и dTa(в) взаимодействий (светлые кружки). Черные кружки - данные по нуклон-нуклонным взаимодействиям, гистограмма - предсказание каскадной модели для STa-взаимодействий.

и предсказание каскадной модели ДКМ для STa - взаимодействий. Аналогичные зависимости были исследованы для средних углов вылета, быстрот и поперечных импульсов  $\Pi^-$ -мезонов. С увеличением переменной наблюдается заметное отличие экспериментальных данных от нуклон-нуклонных взаимодействий ( $n_k \approx 0,2 + 0,3$ ) и предсказаний каскадной модели ( $n_k \approx 0,5 + 0,6$ ). Избыток  $\Pi^-$ -мезонов по отношению к  $n_k > 0,4$  составил  $\sim 3\%$  от всех

каскадному расчёту в области  $\Pi^-$ -мезонов.

Нами было исследовано поведение структурной функции

$$f(\vec{p}) = E \frac{d\sigma}{d\vec{p}} = \frac{E}{p^2} \frac{d\sigma}{p d\Omega} = \frac{1-p-E\cos\theta}{p^2 m_p} \frac{d\sigma}{dn_k d\Omega} \quad (5)$$

для  $\Pi^-$ -мезонов, рожденных в реакциях (I), в зависимости от переменной  $n_k$ .

На рис.10 представлены структурные функции для трех типов взаимодействий, проинтегрированные по угловым переменным, т.е.

$$\Phi(n_k) = \int f(\vec{p}) d\Omega. \quad (6)$$

Из рис.10 видно, что инвариантные дифференциальные сечения образования  $\Pi^-$ -мезонов в рассматриваемых реакциях ведут себя по-разному в областях, разделяемых значением переменной  $n_k \approx 0,25$ . В области значений  $n_k < 0,25$  структурная функция  $\Phi(n_k)$  монотонно растет, а в области  $n_k > 0,25$  данная функция падает по экспоненциальному закону.

Приведенные на рис.10 распределения были аппроксимированы функцией

$$\Phi(n_k) = a_1 e^{-b_1 n_k} \quad (7)$$

в области  $n_k > 0,25$ . Значения параметра наклона  $b_1$  оказались близкими для (d,  $^4\text{He}$ , C) Ta - взаимодействий.

Нами также была получена зависимость инвариантных дифференциальных сечений от кинетической энергии пионов, летящих в заднюю полусферу в лабораторной системе координат, для трех типов ядер - снарядов. Экспериментальные данные были аппроксимированы функцией

$$f(T) = a_0 e^{-\frac{T}{T_0}}, \quad (8)$$

где T - кинетическая энергия пиона;  $T_0$  - параметр наклона.

Рис.10. Структурные функции для  $\Pi^-$ -мезонов в зависимости от переменной  $n_k$ .

Величина параметра  $T_0$  заключена в интервале (60-70) МэВ и согласуется с данными по протон-ядерным взаимодействиям при регистрации пионов под углом  $180^\circ$ .

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы:

1. С участием автора был получен и проанализирован большой экспериментальный материал ( $\sim 5000$  событий) по ядро-ядерным взаимодействиям в интервале импульсов (2-5) ГэВ/с на нуклон.

2. На основе анализа экспериментальных данных была получена зависимость различных характеристик  $\Pi^-$ -мезонов от атомного веса ядра-снаряда. Показано, что средняя множественность  $\Pi^-$ -мезонов линейно растет с увеличением числа провзаимодействовавших нуклонов ядра-снаряда, а импульсные и угловые спектры  $\Pi^-$ -мезонов практически не зави-



сят от типа налетающего ядра. Впервые было показано, что распределение по множественности  $\Pi^-$ -мезонов в  $CTa$  - взаимодействиях заметно шире пуассоновского распределения, и это явление было объяснено флуктуациями в числе взаимодействовавших нуклонов ядра - снаряда.

3. Показано, что поведение инвариантных дифференциальных сечений  $\Pi^-$ -мезонов, образованных в ( $d, He, C$ )  $Ta$  - взаимодействиях, в области  $N_k \approx (0,2 + 0,3)$  хорошо описывается экспоненциальным законом. С увеличением переменной  $N_k$  наблюдается заметное отличие экспериментальных данных от нуклон-нуклонных взаимодействий ( $N_k \approx 0,2 + 0,3$ ) и предсказаний каскадной модели ( $N_k > 0,5 + 0,6$ ).

4. На основе сравнения с расчетом по каскадной модели проведена оценка вклада кумулятивно рожденных  $\Pi^-$ -мезонов в  $CTa$ -столкновениях.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Н.Ангелов, А.И.Аношин, Н.Ахабабян, Ц.Баатар и др.  
Изучение множественности вторичных частиц во взаимодействиях протонов и альфа-частиц с вольфрамом ( $A=184$ ) в интервале импульсов ( $2+5$ ) ГэВ/нукл.  
Препринт ОИЯИ, РИ-10779, Дубна, 1977;  
ЯФ, т.27, в.4, 1020, 1978.
2. Н.Ангелов, А.И.Аношин, Н.Ахабабян, Ц.Баатар и др.  
Множественность вторичных отрицательных частиц в ядро-ядерных столкновениях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон.  
Препринт ОИЯИ, РИ-12281, Дубна, 1979;  
ЯФ, т.30, в.6 (12), 1590, 1979.
3. Н.Ангелов, Н.Ахабабян, Ц.Баатар и др.  
Некоторые методические вопросы, связанные с обработкой событий, образованных релятивистскими ядрами  $P, d, He, C$  в пропановой пузырьковой камере.  
Препринт ОИЯИ, РИ-12281, Дубна, 1979.
4. Г.Н. Агакишиев, Н.Ангелов, Н.Ахабабян, Ц.Баатар и др.  
Импульсные и угловые характеристики  $\Pi^-$ -мезонов, образовавшихся при взаимодействии ядер  $d, He, ^{12}C$  с ядрами тантала при импульсе 4,2 ГэВ/с. нукл.  
Препринт ОИЯИ, РИ-81-176, Дубна, 1981.
5. Ц.Баатар, А.П.Гаспарян, В.Г.Гришин, И.А.Ивановская, В.Д.Тонеев.  
Анализ импульсных и угловых характеристик  $\Pi^-$ -мезонов, рожденных в ядро-ядерных взаимодействиях при импульсе  $P_0 = 4,2$  ГэВ/с. нукл.  
Препринт ОИЯИ, РИ-81-516, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел  
3 ноября 1981 года.