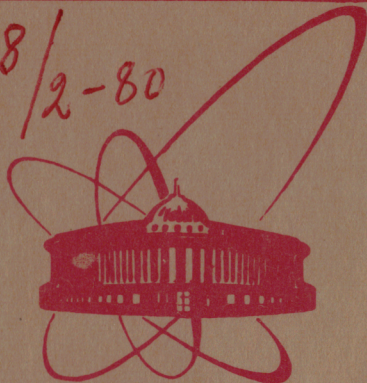


80-473

4948/2-80



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

20/x-80

P1-80-473

A-646

Ангелов, Н. и др.
АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ СЕЧЕНИЙ
И МНОЖЕСТВЕННОСТИ π^- -МЕЗОНОВ
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР p, d, He, C
С ЯДРАМИ УГЛЕРОДА И ТАНТАЛА

Сотрудничество: Алма-Ата - Баку - Белград -
Бухарест - Варна - Варшава - Дубна - Ереван -
Краков - Москва - Прага - София - Ташкент -
Тбилиси - Улан-Батор

Направлено в ЯФ

1980

Н.Ангелос, Н.Ахабабян, Ц.Баатар, А.М.Балдин, Е.Бартке,
Е.Богданович, А.П.Гаспарян, Г.Г.Гафуров, Н.С.Григалашвили,
В.Г.Гришин, С.В.Джмухадзе,² Л.А.Диденко,³ И.А.Ивановская,
Л.Йеник, Т.Канарек, Р.А.Кватадзе,² Е.Н.Кладницкая, Э.Кондор,
Д.К.Копылова, В.Б.Любинов, Р.Р.Мехтиев,¹ В.Ф.Никитина,
В.М.Попова,² Л.Симич, А.Н.Соломин,² М.И.Соловьев,
М.К.Сулейманов,¹ Г.П.Тонеева,³ Д.Тувдендорж, А.П.Чеплаков,
А.И.Шкловская, Л.М.Щеглова³

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

А.Х.Виницкий, М.И.Избасаров, И.Я.Часников
Институт физики высоких энергий АН КазССР, Алма-Ата

О.Б.Абдинов, Г.Н.Агакишиев
Институт физики АН АзССР, Баку

С.Бацкович, В.Дамянович, С.Дрндаревич, Д.Крмпотич, Д.Крпич
Институт физики, университет, Белград

Е.Балеа, О.Балеа, В.Болдеа, Т.Понта, С.Хакман
Центральный институт физики, Бухарест

Д.Армутлийский, С.Прокопиева
Высший машино-электротехнический институт, Варна

Е.Биалковска, Д.Киелчевска, К.Ланг
Институт экспериментальной физики, Варшавский университет

Н.М.Агабабян, С.Г.Аракелян, В.А.Вартанян, Г.Р.Гулканян,
Э.А.Киракосян, С.А.Корчагин
Ереванский физический институт

М.Ковальски
Институт ядерной физики, Краков

И.Н.Ерофеева, С.И.Лютюв, Н.Н.Мельникова, В.С.Мурант,
Л.Н.Смирнова

Научно-исследовательский институт ядерной физики ИГУ, Москва

P1-80-473

АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ СЕЧЕНИЙ
И МНОЖЕСТВЕННОСТИ π^- -МЕЗОНОВ
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР p, d, He, C
С ЯДРАМИ УГЛЕРОДА И ТАНТАЛА

Сотрудничество: Алма-Ата - Баку - Белград -
Бухарест - Варна - Варшава - Дубна - Ереван -
Краков - Москва - Прага - София - Ташкент -
Тбилиси - Улан-Батор

Направлено в ЯФ

Объединенный институт
ядерных исследований
БЕРЛИН-ДЕКА

Ангелов Н. и др.

P1-80-473

Анализ поведения сечений и множественности π^- -мезонов при взаимодействии релятивистских ядер p , d , He , C с ядрами углерода и тантала

Представлены экспериментальные данные по неупругому взаимодействию протонов с импульсами в интервале $P_p = /2-10/$ ГэВ/с и ядер дейтерия, гелия и углерода с импульсами на нуклон ядра снаряда в интервале $P_0 = /2-5/$ ГэВ/с с ядрами углерода и тантала. Экспериментальный материал получен с помощью 2-метровой пропановой камеры Лаборатории высоких энергий ОИЯИ. Проводится анализ данных в рамках различных теоретических моделей.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

Angelov N. et al.

P1-80-473

Analysis of Behaviour of Cross Section and π^- -Meson Multiplicity at the Interaction of p , d , He , C Relativistic Nuclei with Carbon and Tantalum Nuclei

Experimental data are presented on the inelastic interactions of protons, in a momentum interval of $P_p = (2-10)$ GeV/c, and deuterium, helium, carbon nuclei with momenta per nucleon, in an interval of $P_0 = (2-5)$ GeV/c, with carbon and tantalum nuclei. The experimental data have been obtained using the 2m propane bubble chamber. The analysis of the experimental data has been made in the framework of various theoretical models.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1980

1. ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальные данные по неупругому взаимодействию протонов с импульсами в интервале $P_p = /2-10/$ ГэВ/с и ядер дейтерия, гелия и углерода с импульсами на нуклон ядра снаряда в интервале $P_0 = /2-5/$ ГэВ/с с ядрами углерода и тантала получены с помощью 2-метровой пропановой камеры Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, внутри рабочего объема которой были размещены три танталовые пластинки толщиной 1 мм. Методические и первые физические результаты были опубликованы в работах ^{/1-18/}. В настоящей статье проводится анализ сечений неупругих взаимодействий ядер с ядрами и множественности π^- -мезонов в этих взаимодействиях на основе значительно большей статистики зарегистрированных событий.

2. СЕЧЕНИЯ НЕУПРУГИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ЯДЕР С ЯДРАМИ

Сечения неупругих взаимодействий ядер были определены на основе 6370 взаимодействий в тантале и 36760 взаимодействий в пропане при импульсах ядер-снарядов $P_0 = /2,3;4,2;5,1/$ ГэВ/с. нукл. Процедура определения сечения и вводимые при этом поправки, описанные в работах ^{/3,7/}, ограничивали точность определения сечений величиной ^{/3-5/}%. В пределах этой точности не наблюдалось зависимости сечений от первичной энергии. Поэтому в табл.1 и на рис.1 приведены величины сечений взаимодействия протонов, дейтронов, ядер гелия и углерода с ядрами углерода и тантала, усредненные по интервалу первичных импульсов $P_0 = /2-5/$ ГэВ/с. нуклон.

На рис.1 показана зависимость измеренных к настоящему времени неупругих сечений ядер ^{/14-21/} от атомного веса ядра-снаряда A_p и ядра-мишени A_t . Ядра-снаряды меняются в диапазоне от протона до железа, а ядра-мишени - от дейтерия до урана. Величины первичных импульсов на нуклон заключены в интервале ^{/1-5/} ГэВ/с. Прямая линия соответствует расчетам по феноменологической модели "твердых сфер" с перекрытием ^{/22/}:

$$\sigma_{in} = \pi R_0^2 (A_p^{1/3} + A_t^{1/3} - b)^2 \quad /1/$$

Параметры R_0 и b оказались равными $R_0 = /1,46 \pm 0,01/$ Фм, $b = 1,21 \pm 0,03$ при $\chi^2/n = 3,5$.

Таблица 1

Сечения неупругих взаимодействий релятивистских ядер
в миллибарнах

$A_t \backslash A_p$	p		He	C
C	265±15	400±20	450±20	830±50
Ta	1695±70	1975±80	2390±95	3445±140

Экспериментальные данные аппроксимировались также зависимостью /8,23/

$$\sigma_{in} = \pi R_0^2 [A_p^{1/3} + A_t^{1/3} - \beta(A_p^{-1/3} + A_t^{-1/3})]^2, \quad /2/$$

согласно которой величина параметра перекрытия b зависит от атомных весов сталкивающихся ядер. Были получены следующие значения параметров: $R_0 = 1,32 \pm 0,01$ Фм, $\beta = 0,85 \pm 0,03$ при $\chi^2/n = 2,5$.

Для определения параметров R_0 , b , β в формулах /1/ и /2/, кроме измеренных нами сечений, использовались данные работ /14,15,18-21/. Сечения, полученные в работе /17/, не использовались по той причине, что их включение в аппроксимацию существенно ухудшало величину χ^2/n . В работе /10/ не приведены ошибки в величинах сечений. Следует отметить, что величины сечений, полученные в разных экспериментальных работах для одной и той же пары ядер, не всегда согласуются между собой. Это связано с особенностями методики и процедурой учета поправок.

Экспериментальные сечения сравнивались также с теоретическими расчетами в рамках моделей многократного рассеяния, в глауберовском подходе /24-27/. Во всех моделях используются экспериментальные распределения плотности нуклонов в ядре в зависимости от параметра столкновения. Различие моделей заключается в приближениях, упрощающих проведение конкретных количественных расчетов. Согласно теоретических и экспериментальных сечений оценивалось с помощью χ^2 -критерия для каждой модели по одинаковому с экспериментальным набору пар сталкивающихся ядер в широком интервале изменения атомных весов A_p и A_t . Результат сравнения получился следующий: $(\chi^2/n = 33)^{/24/}$, $(\chi^2/n = 9,5)^{/25/}$, $(\chi^2/n = 3,5)^{/28/}$, $(\chi^2/n = 2,5)^{/27/}$. Для наглядности сравнения на рис.2,3 представлены величины сечений, предсказываемые этими моделями. Прямой линией показан результат аппроксимации экспериментальных сечений формулой /1/ с параметрами $R_0 = 1,46 \pm 0,01$ Фм и $b = 1,21 \pm 0,03$.

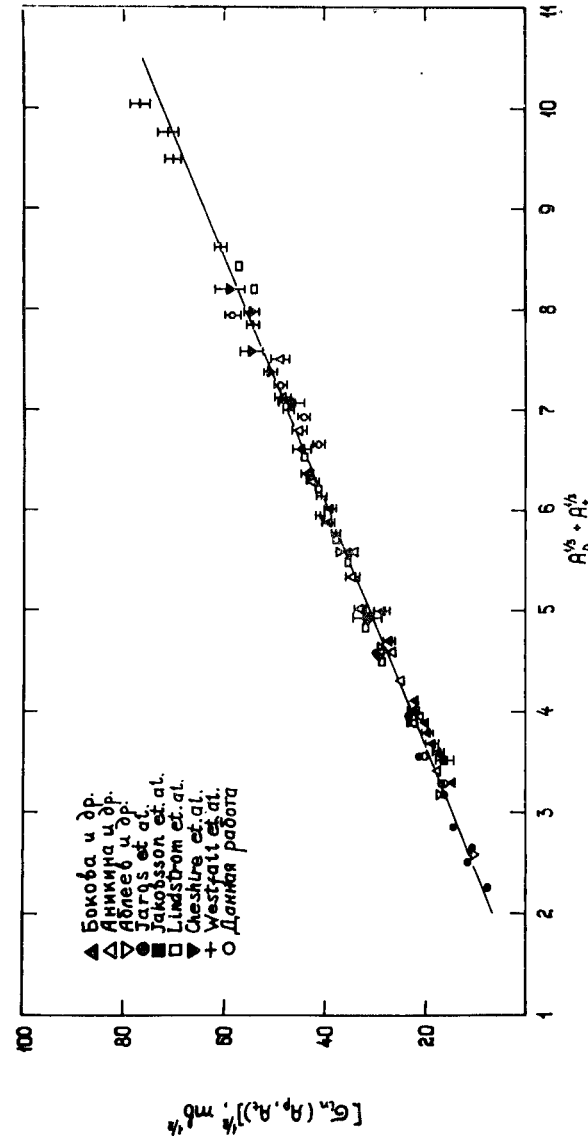


Рис.1. Экспериментальные значения сечений неупругих взаимодействий релятивистских ядер с ядрами в интервале первичных импульсов на нуклон /1-5/ ГэВ/с.

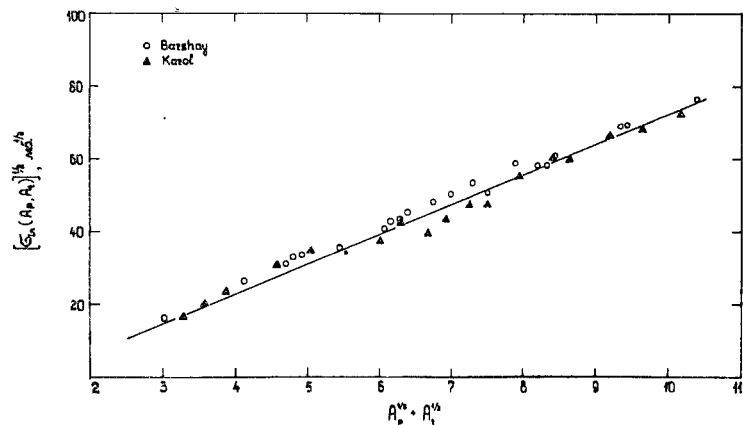


Рис.2. Сечения неупругих взаимодействий релятивистских ядер с ядрами, вычисленные в рамках моделей S.Barshay /24/ (O) и P.J.Karol /25/ (Δ); прямая линия - аппроксимация экспериментальных сечений формулой /1/.

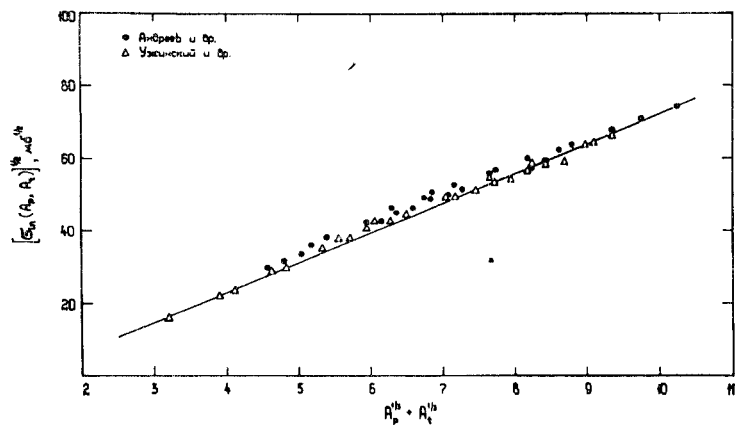


Рис.3. Сечения неупругих взаимодействий релятивистских ядер с ядрами, вычисленные в рамках моделей Андреева, Хейна /26/ (●) и Ужинского, Церена /27/ (Δ); прямая линия - аппроксимация экспериментальных сечений формулой /1/.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что наиболее удачным описанием экспериментальных сечений следует считать феноменологический подход согласно формуле /2/ и теоретические модели авторов работ /26,27/.

3. СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ И ДИСПЕРСИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПО ЧИСЛУ ПРОВЗАИМОДЕЙСТВОВАВШИХ НУКЛОНОВ ЯДРА-СНАРЯДА

При неупругом столкновении релятивистского ядра с ядром-мишенью взаимодействуют не все нуклоны налетающего ядра. Часть нуклонов остается спектаторами. Спектаторные нуклоны часто называют стриппинговыми. В случае взаимодействия ядер, которые тяжелее дейтрона, стриппинговыми могут быть не только нуклоны, но и осколки ядер-снарядов в виде стабильных и радиоактивных элементов. При первичных энергиях на нуклон $E_0 \geq 1$ ГэВ стриппинговые частицы заключены в узких импульсных и угловых интервалах, обусловленных ферми-движением нуклонов в ядре-снаряде. Определяя экспериментально в каждом акте взаимодействия число спектаторных протонов, можно получить распределение по числу провзаимодействовавших протонов. При этом неважно, входит ли протон-спектатор в состав стриппинговой частицы / d, t, ^3He , ^4He и т.д./ или он находится в свободном состоянии.

При первичном импульсе на нуклон $P_0 = 4,2$ ГэВ/с стриппинговыми мы считали положительные частицы, у которых угол вылета по отношению к пучку был меньше 4° , а импульс больше 3 ГэВ/с. Заряд стриппинговых частиц определялся по плотности ионизации, δ - электронам /4/ и вторичному взаимодействию спектаторных фрагментов. Методические вопросы, связанные с определением стриппинговых частиц, рассмотрены в работе /18/.

В табл.2 приведены вероятности W_n наблюдения событий с определенным числом n провзаимодействовавших протонов налетающего ядра при столкновении дейтрона, ядер гелия и углерода с танталом. При фиксированном числе провзаимодействовавших протонов число провзаимодействовавших нейтронов может меняться от нуля /если $n > 0$ / или от единицы /при $n = 0$ / до полного числа нейтронов в ядре-снаряде.

Так как сечения неупругого взаимодействия протона и нейтрона с ядром в пределах экспериментальных ошибок совпадают, то, зная среднее число провзаимодействовавших протонов, легко получить среднее число провзаимодействовавших нуклонов $\langle \nu_p \rangle$. В случае ядра-снаряда с одинаковым числом протонов и нейтронов

$$\langle \nu_p \rangle = 2 \langle n \rangle,$$

/3/

где $\langle n \rangle$ - среднее число провзаимодействовавших протонов. В работе /18/ показано, как без модельных предположений, используя

Таблица 2

Вероятности W_n наблюдения событий с определенным числом провзаимодействовавших протонов при столкновении d , He и C с ядрами тантала

$A_p \backslash n$	0	1	2	3	4	5	6
	$0,20 \pm 0,02$	$0,80 \pm 0,02$					
He	$0,15 \pm 0,01$	$0,27 \pm 0,02$	$0,58 \pm 0,03$				
C	$0,14 \pm 0,02$	$0,13 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,02$	$0,13 \pm 0,02$	$0,24 \pm 0,02$

Таблица 3

Средние значения $\langle \nu_p \rangle$ и квадраты дисперсий D_{ν}^2 распределений по числу провзаимодействовавших нуклонов ядер p , d , He, C с танталом

A_p	P	d	He	C
$\langle \nu_p \rangle$	1	$1,60 \pm 0,04$	$2,86 \pm 0,10$	$6,6 \pm 0,3$
D_{ν}^2	0	$0,24 \pm 0,02$	$1,64 \pm 0,09$	$16,8 \pm 1,0$
$\langle \nu_p^{рас} \rangle$	1	$1,72 \pm 0,10$	$2,84 \pm 0,16$	$5,9 \pm 0,34$

распределения по числу провзаимодействовавших протонов, можно получить дисперсию распределения по числу провзаимодействовавших нуклонов, $D_{\nu} = \sqrt{\langle \nu_p^2 \rangle - \langle \nu_p \rangle^2}$. Экспериментальные значения $\langle \nu_p \rangle$ оказались близкими к вычисленным согласно модели независимого взаимодействия нуклонов ядра-снаряда^{128/} через величины сечений неупругих взаимодействий по формуле

$$\langle \nu_p^{рас} \rangle = \frac{A_p \sigma NA_t}{\sigma A_p A_t} \quad /4/$$

В табл. 3 приведены экспериментальные и расчетные величины $\langle \nu_p \rangle$, D_{ν}^2 и $\langle \nu_p^{рас} \rangle$. Видно, что с увеличением A_p квадрат дисперсии D_{ν}^2 быстро растет, тогда как среднее значение $\langle \nu_p \rangle$ изменяется значительно медленнее.

Таблица 4

Распределение зарегистрированных событий по множественности n рожденных в них π^- -мезонов при взаимодействии протонов с ядрами углерода и тантала в интервале импульсов $P_p = 2-10$ ГэВ/с

P_p	A_t	n	0	1	2	3	4	5	6	N_{tot}
2,3	C		$0,86 \pm 0,03$	$0,13 \pm 0,01$	$0,006 \pm 0,002$					1212
	Ta		$0,86 \pm 0,03$	$0,13 \pm 0,01$	$0,003 \pm 0,002$					842
4,2	C		$0,70 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,01$	$0,030 \pm 0,004$	$0,001 \pm 0,001$				1620
	Ta		$0,62 \pm 0,02$	$0,32 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,01$	$0,004 \pm 0,002$				1046
5,4	C		$0,53 \pm 0,02$	$0,39 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,007$	$0,008 \pm 0,003$				1221
	Ta		$0,51 \pm 0,04$	$0,35 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,02$	$0,015 \pm 0,006$			$0,002 \pm 0,002$	390
9,9	C		$0,30 \pm 0,02$	$0,46 \pm 0,03$	$0,17 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,01$	$0,007 \pm 0,002$	$0,003 \pm 0,002$		597
	Ta		$0,30 \pm 0,02$	$0,38 \pm 0,02$	$0,20 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$	$0,022 \pm 0,004$	$0,003 \pm 0,002$	$0,001 \pm 0,002$	988

Таблица 5

Средние значения множественности π^- -мезона в неупругих взаимодействиях протонов с ядрами углерода и тантала в интервале импульсов $P_p = /2-10/$ ГэВ/с

$A_t \backslash P_p$	2,3	4,2	5,4	9,9
C	0,15 \pm 0,01	0,33 \pm 0,015	0,52 \pm 0,03	0,93 \pm 0,05
Ta	0,14 \pm 0,01	0,45 \pm 0,02	0,65 \pm 0,04	1,17 \pm 0,06

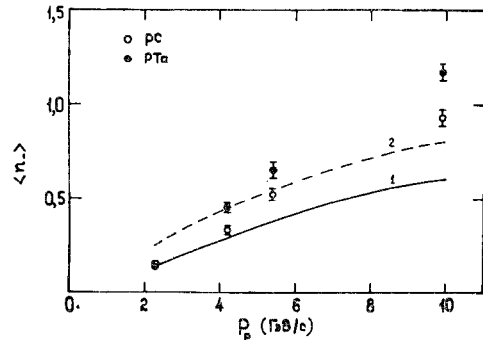


Рис. 4. Зависимость множественности π^- -мезонов от импульса протона в неупругих взаимодействиях протонов с ядрами углерода и тантала; кривые 1 и 2 — зависимости для рN-взаимодействий при нормировке множественности на полное и неупругое сечения соответственно.

действиям с пропаном известных экспериментальных данных по взаимодействиям с водородом. В тех же работах ^{/3,10/} описаны и вводимые при определении множественности π^- -мезонов поправки, неопределенность которых учтена в приводимых в данной работе ошибках.

4. МНОЖЕСТВЕННОСТЬ π^- -МЕЗОНОВ

Множественность π^- -мезонов была определена на основе 5260 взаимодействий в тантале и 7950 взаимодействий в пропане при импульсе ядер-снарядов 4,2 ГэВ/с нукл. Кроме того, для первичных протонов была исследована зависимость средней множественности π^- -мезонов от первичной энергии в интервале импульсов $P_p = /2-10/$ ГэВ/с на основе 3560 событий в тантале и 7060 событий в пропане.

Для определения множественности π^- -мезонов во взаимодействиях ядер-снарядов с ядрами углерода применялась описанная ранее ^{/3,10/} процедура вычитания из полученных нами экспериментальных данных по взаимо-

В табл. 4 приведены вероятности рождения определенного числа n_- π^- -мезонов при неупругом взаимодействии протонов с ядрами углерода и тантала в интервале импульсов /2-10/ ГэВ/с. В последней колонке табл. 4 приведено количество зарегистрированных событий. В табл. 5 и на рис. 4 представлены средние значения множественности π^- -мезонов $\langle n_- \rangle$ в этих взаимодействиях. Для сравнения на рисунке показана зависимость средней множественности π^- -мезонов от первичного импульса в рN-столкновениях при нормировке на полное и неупругое сечения /сплошная и штрихованная линии/. Видно, что увеличение множественности π^- -мезонов при взаимодействии с ядрами по сравнению с рN-взаимодействиями становится заметным при импульсе протонов $P_p \geq 4$ ГэВ/с.

В табл. 6 приведены средние значения $\langle n_- \rangle$ и квадраты дисперсий распределений π^- -мезонов по множественности $D_-^2 = \langle n_-^2 \rangle - \langle n_- \rangle^2$ при неупругом взаимодействии ядер p, d, He, C с ядрами углерода и тантала при $P_0 = 4,2$ ГэВ/с нукл. В последней колонке табл. 6 приведено количество зарегистрированных событий каждого типа взаимодействий. Как уже отмечалось в работах ^{/8,10/}, средняя множественность π^- -мезонов быстро растет с увеличением атомного номера ядра-снаряда. На рис. 5 представлена зависимость средней множественности π^- -мезонов $\langle n_- \rangle$ от среднего числа провзаимодействовавших нуклонов ядра-снаряда $\langle \nu_p \rangle$ для взаимодействий с углеродной и танталовой мишенями. Для столкновений ядер d, He, C с углеродом величины $\langle \nu_p \rangle$ вычислялись по формуле ^{/4/}. В качестве первой точки бралась множественность, соответствующая взаимодействию "среднего нуклона" с мишенью:

$$\langle n_- \rangle_{NA_t} = \frac{1}{2} (\langle n_- \rangle_{pA_t} + \langle n_- \rangle_{nA_t}). \quad /5/$$

Как видно из рис. 5, существует прямая пропорциональная зависимость величин $\langle n_- \rangle$ от $\langle \nu_p \rangle$. Такая картина ожидается, если взаимодействующие нуклоны падающего ядра при образовании π^- -мезонов не оказывают существенного влияния друг на друга.

На рис. 6 показана зависимость дисперсии D_- от средней множественности $\langle n_- \rangle$ при нормировке ^{/8,11/} распределений на сечение образования π^- -мезонов σ_{prod} , рассчитанное по модели "мягких сфер" ^{/25/}. Здесь также приведены экспериментальные данные ^{/29/} по взаимодействию ядер гелия с ядрами Li, C, Ne, Al, Cu, Pb /открытые квадраты/ и ядер углерода с ядрами C, Ne, Si, Cu, Zr /закрытые квадраты/ при $P_0 = 4,5$ ГэВ/с. Прямая линия соответствует эмпирической зависимости Врублевского для неупругих pp-взаимодействий в интервале импульсов 4-400 ГэВ/с. Штрихованной линией показана зависимость, выте-

Таблица 6

Средние значения $\langle n_- \rangle$ и квадраты дисперсий D_-^2 - распределений по множественности π^- -мезонов во взаимодействиях p, d, He, C с ядрами углерода и тантала при $P_0 = 4,2$ ГэВ/с нуклон

A_p	A_t	$\langle n_- \rangle$	D_-^2	N_{tot}
p	C	$0,33 \pm 0,015$	$0,28 \pm 0,01$	I620
	Ta	$0,45 \pm 0,02$	$0,39 \pm 0,02$	II32
d	C	$0,60 \pm 0,03$	$0,48 \pm 0,04$	699
	Ta	$0,86 \pm 0,03$	$0,77 \pm 0,04$	I44I
He	C	$1,02 \pm 0,03$	$0,96 \pm 0,04$	I333
	Ta	$1,42 \pm 0,06$	$1,50 \pm 0,10$	I244
C	C	$1,50 \pm 0,05$	$1,65 \pm 0,08$	II95
	Ta	$3,2 \pm 0,1$	$8,4 \pm 0,4$	I445

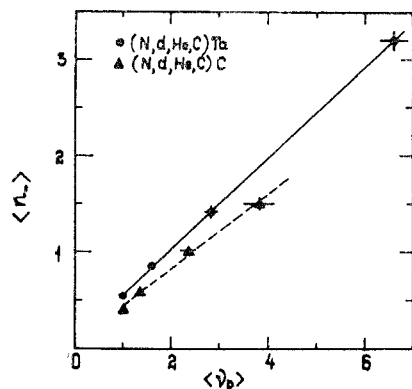


Рис.5. Зависимость множественности π^- -мезонов от среднего числа провзаимодействовавших нуклонов ядер-снарядов N, d, He, C с ядрами углерода и тантала.

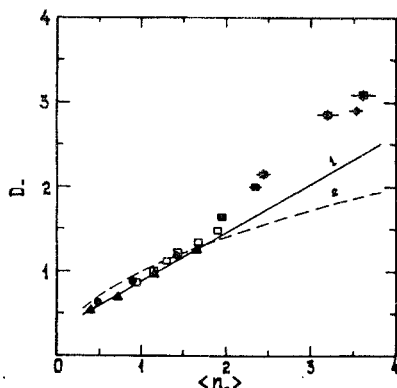


Рис.6. Зависимость дисперсии от средней множественности π^- -мезонов в ядро-ядерных взаимодействиях.

кающая из распределения Пуассона. Из рис.6 отчетливо видно, что при взаимодействии ядра углерода с тяжелыми мишенями распределение по числу рожденных π^- -мезонов существенно расширяется. Такое поведение связано с увеличением вклада в дисперсию D_- флуктуации числа взаимодействующих нуклонов ядра-снаряда D_ν /см. табл.3/. Квадрат дисперсии D_-^2 в ядро-ядерных столкновениях в предположении независимого взаимодействия нуклонов ядра-снаряда с ядром-мишенью записывается в виде /6,13/

$$D_-^2 = \langle \nu_p \rangle D_N^2 + \langle n_N \rangle^2 D_\nu^2, \quad /6/$$

а средняя множественность π^- -мезонов:

$$\langle n_- \rangle = \langle \nu_p \rangle \langle n_N \rangle. \quad /7/$$

Здесь $\langle n_N \rangle$ и D_N - среднее значение и дисперсия распределения по числу π^- -мезонов в NA_t -взаимодействиях. Видно, что при больших величинах D_ν роль второго члена в формуле /6/ возрастает. Величины $\langle n_N \rangle$ и D_N^2 для нуклон-тантал-столкновений были получены из экспериментальных данных по pp-, pr- и pTa-взаимодействиям /30/:

$$\langle n_N \rangle = 0,55 \pm 0,03; \quad D_N^2 = 0,46 \pm 0,03. \quad /8/$$

В табл.7 представлены вычисленные по формулам /6/ и /7/ величины средней множественности $\langle n_- \rangle$ и дисперсии D_-^2 для d, He, C / Ta -взаимодействий. Из сравнения табл.6 и 7 видно удовлетворительное согласие экспериментальных данных с расчетом.

Таблица 7

Средние значения $\langle n_- \rangle$ и квадраты дисперсий D_-^2 - распределений по множественности π^- -мезонов при взаимодействии ядер-снарядов с танталом, вычисленные по формулам /6/ и /7/

A_p	d	He	C
$\langle n_- \rangle$	$0,88 \pm 0,05$	$1,57 \pm 0,08$	$3,63 \pm 0,17$
D_-^2	$0,81 \pm 0,07$	$1,81 \pm 0,15$	$8,12 \pm 0,70$

Процесс множественного образования π^- -мезонов при взаимодействии ядер углерода и аргона с кинетической энергией до 2,1 ГэВ на нуклон с мишенями LiH, NaF, BaI₂, Pb₃O₄ исследовался в /31,32/. В этих работах тоже наблюдался рост средней множественности π^- -мезонов с увеличением атомного номера сталкивающихся ядер, который качественно может быть объяснен увеличением числа взаимодействующих нуклонов. Однако количественное сравнение этих результатов с нашими данными провести трудно из-за использования в работах /31, 32/ составных мишеней.

5. "ЦЕНТРАЛЬНЫЕ" СТОЛКНОВЕНИЯ

Для изучения ядер в экстремальных состояниях представляет интерес исследование столкновений ядер с малыми прицельными параметрами, так называемых "центральных" столкновений /33/. При центральном столкновении во взаимодействии участвует максимально возможное число нуклонов сталкивающихся ядер, что позволяет изучать характеристики истинно многонуклонных взаимодействий. С методической и теоретической точек зрения наиболее удобны для изучения столкновения двух одинаковых ядер. Благодаря симметрии начального состояния появляется возможность определения системы центра масс, которая совпадает в этом случае с с.ц.м. для NN-взаимодействий при том же импульсе на нуклон.

Авторы работы /34/ на основе широкого класса термодинамических моделей предсказывают в таких столкновениях пуассоновское распределение по множественности π^- -мезонов.

"Центральными" столкновениями нами считались взаимодействия, в которых в угловом интервале $\pm 4^\circ$ по отношению к направлению пучка при $P_0 = 4,2$ ГэВ/с отсутствовали заряженные стриппинговые фрагменты ядра-снаряда. Следует отметить, что такой критерий отбора кажется нам наиболее адекватным поставленной задаче, так как его применение не должно приводить к искажению множественности π^- -мезонов, в отличие от применяемого в некоторых работах отбора центральных столкновений по наличию большой множественности вторичных частиц.

Доля центральных столкновений по отношению ко всем неупругим СТа-взаимодействиям составила /24+2%/. Величины средней множественности π^- -мезонов и квадрата дисперсии распределения для центральных СТа-взаимодействий оказались равными

$$\langle n_- \rangle = 6,5 \pm 0,2, \quad D_-^2 = 7,7 \pm 0,8.$$

/9/

Такое сужение распределения по отношению ко всем СТа-взаимодействиям качественно можно понять из рассмотрения формулы /6/. Ясно, что относительный вклад второго члена для таких событий резко уменьшается. Однако, если аналогичную процедуру отбора событий с малыми параметрами столкновения применить к СС-взаимодействиям, то наблюдается существенное сужение распределения по множественности π^- -мезонов по сравнению с законом Пуассона. Для СС-взаимодействий, в которых нет заряженных стриппинговых фрагментов ядра-снаряда или есть только одна однозарядная стриппинговая частица, величины $\langle n_- \rangle$ и D_-^2 получились следующими:

$$\langle n_- \rangle = 2,77 \pm 0,08, \quad D_-^2 = 2,15 \pm 0,09. \quad /10/$$

Доля таких событий по отношению ко всем неупругим СС-столкновениям составляет ~3%. Наблюдаемое сужение распределения для СС-взаимодействий противоречит предсказаниям авторов работы /34/. Возможно, отличие отношений $\langle n_- \rangle / D_-^2$ для СС и СТа центральных столкновений связано с разными относительными вкладами кратных взаимодействий одних и тех же нуклонов сталкивающихся ядер.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сечения неупругого взаимодействия легких релятивистских ядер d, He, C с ядрами углерода и тантала в пределах экспериментальных ошибок не зависят от первичной энергии в интервале первичных импульсов /2-5/ ГэВ/с нукл. Зависимость экспериментальных сечений от атомных весов ядра-снаряда и ядра-мишени хорошо описывается в рамках модели многократного рассеяния в глауберовском подходе /26,27/ и феноменологической модели /23/, учитывающей зависимость величины параметра перекрытия ядер от их атомных весов.

Множественность π^- -мезонов во взаимодействиях протонов с ядрами углерода и тантала заметно увеличивается по сравнению с множественностью в протон-нуклонных взаимодействиях при импульсах первичных протонов $P_0 \geq 4$ ГэВ/с. Экспериментальные значения среднего числа взаимодействующих нуклонов налетающего ядра при столкновениях ядер d, He, C с ядрами тантала находятся в удовлетворительном согласии с величинами, ожидаемыми на основе модели независимого взаимодействия нуклонов ядра-снаряда.

Исходя из представления о независимом взаимодействии нуклонов ядра-снаряда с ядром-мишенью, с помощью экспериментальных средних значений и дисперсий распределений по числу взаимо-

действующих нуклонов ядер-снарядов удается объяснить значительное расширение распределений по множественностям π^- -мезонов с увеличением атомного веса налетающих ядер. Наблюдаемое существенное сужение распределения по множественности π^- -мезонов в центральных СС-столкновениях противоречит предсказаниям /34/ широкого класса термодинамических моделей.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность персоналу 2-метровой пропановой камеры за получение снимков и лаборантам за помощь в просмотре и обработке экспериментального материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов Е.О. и др. ОИЯИ, P1-10779, Дубна, 1977; ЯФ, 1978, 28, с.1020.
2. Abdрахманов Е.О. et al. JINR, E1-11517, Dubna, 1978; ЯФ, 1978, 28, с.1304.
3. Ахабабян Н. и др. ОИЯИ, 1-12114, Дубна, 1979.
4. Гаспарян А.П., Григалашвили Н.С. ОИЯИ, 1-11335, Дубна, 1979.
5. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, P1-12504, Дубна, 1979; ЯФ, 1980, 31, с.411.
6. Angelov N. et al. JINR, E1-12548, Dubna, 1979; Proc of the VIII Int. Conf. on High Energy Phys. and Nucl.Struct., Canada, 1979.
7. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, 1-12424, Дубна, 1979.
8. Гаспарян А.П. и др. ОИЯИ, 1-12797, Дубна, 1979.
9. Angelov N. et al. Warsaw University Preprint, JFD-3/79, Warsaw, 1979.
10. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, 1-12281, Дубна, 1979; ЯФ, 1979, 30, с.1590.
11. Баатар Ц. и др. ОИЯИ, P1-80-111, Дубна, 1980.
12. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, P1-80-168, Дубна, 1980.
13. Баатар Ц. и др. ОИЯИ, P1-80-209, Дубна, 1980.
14. Бокова Л.Н. и др. ОИЯИ, P1-9364, Дубна, 1975.
15. Аникина М.Х. и др. ОИЯИ, P1-10592, Дубна, 1977; Aksinenko V.D. et al. JINR, E1-12713, Dubna, 1979.
16. Аблеев В.Г. и др. ОИЯИ, P1-10565, Дубна, 1977.
17. Jaros J.A. Phys.Rev., 1978, C18, p.2273.
18. Lindström P.J. et al. Proc. 14th Int.Conf. on Cosmic Rays, Munich, 1975, p.2315; Heckman H.H. et al. Phys. Rev., 1978, C17, p.1735.
19. Cheshire D.L. et al. Phys.Rev., 1974, D10, p.25.
20. Jakobsson B., Kullberg R. Phys.Scr., 1976, 13, p.327.
21. Westfall G.D. et al. Phys.Rev., 1979, C19, p.1309.

22. Bradt H.L., Peters B. Phys.Rev., 1950, 77, p.54; 1950, 80, p.943; Gleghorn T.F., Preler P.S., Waddington C.J. Can.J.Phys., 1968, 46, p.572.
23. Heckman H.H. et al. Phys.Rev., 1978, C17, p.1735.
24. Barshay S. Phys.Rev., 1975, C11, p.360.
25. Karol P.J. Phys.Rev., 1975, C11, p.1203.
26. Андреев И.В., Хейн Л.А. ЯФ, 1978, 28, p.1499.
27. Ужинский В.В., Церен Ч. ОИЯИ, 12-12079, Дубна, 1979.
28. Bialas A. et al. Nucl.Phys., 1976, B111, p.461.
29. Aksinenko V.D. et al. Nucl.Phys., 1979, A324, p.266; Bartke J. Proc. of the VIII Int.Conf. on High Energy Phys. and Nucl.Struct., Canada, 1979.
30. Benary O. et al. NN and ND Interaction (above 0.5 GeV/c). A Compilation UCRL-2000 NN, 1970; Bracci E. et al. Compilation of Cross Sections, CERN/HERA, 73-1, 1973; Abdivaliev A. et al. Nucl.Phys., 1975, B99, p.445.
31. Fung S.Y. et al. Phys.Rev.Lett., 1978, 40, p.292.
32. Fung S.Y. et al. Phys.Rev.Lett., 1978, 41, p.1592.
33. Bartke J. et al. JINR, E1-13038, Dubna, 1979.
34. Gyulassy M., Kauffman S.K. Phys.Rev.Lett., 1978, 40, p.298.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 июля 1980 года.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники

Нет ли пробелов в Вашей библиотеке?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д1,2-8405	Труды IV Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варна, 1974.	2 р. 05 к.
Р1,2-8529	Труды Международной школы-семинара молодых ученых. Актуальные проблемы физики элементарных частиц. Сочи, 1974.	2 р. 60 к.
Д6-8846	XIV совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1975.	1 р. 90 к.
Д13-9164	Международное совещание по методике проволочных камер. Дубна, 1975.	4 р. 20 к.
Д1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
Д-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
Д9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
Д2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна 1978. /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна 1978.	5 р. 00 к.
Р18-12147	Труды III совещания по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач.	2 р. 20 к.

Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
P2-12462	Труды V Международного совещания по нелокальным теориям поля. Алушта, 1979.	2 р. 25 к.
Д-12831	Труды Международного симпозиума по фундаментальным проблемам теоретической и математической физики. Дубна, 1979.	4 р. 00 к.
Д-12965	Труды Международной школы молодых ученых по проблемам ускорителей заряженных частиц. Минск, 1979.	3 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1979.	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:

101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79,

издательский отдел Объединенного института ядерных исследований