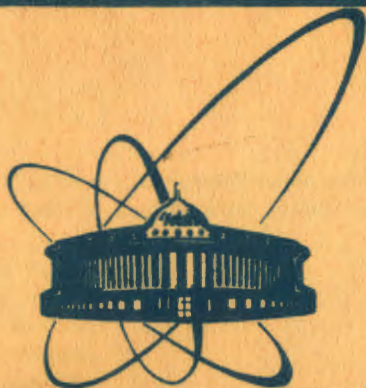


e +



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

1943/83

18/4-83
1-83-22

Г.Н.Агакишиев, Ц.Баатар, А.П.Гаспарян,
Н.С.Григалашвили, И.А.Ивановская,
Е.Н.Кладницкая, Р.Р.Мехтиев, А.П.Чеплаков

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ π^- -МЕЗОНОВ,
ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ
ЛЕГКИХ ЯДЕР С ЯДРАМИ ТАНТАЛА
ПРИ ИМПУЛЬСАХ $P_0 = 2.5$ ГэВ/с на нуклон

1983

Изучение столкновений релятивистских ядер с ядрами в настоящее время проводится в широком диапазоне первичных энергий и атомных весов взаимодействующих ядер^{/1-2/}. В рамках "геометрических" моделей, рассматривающих соударение ядер как суперпозицию нуклон-нуклонных взаимодействий, получено хорошее согласие расчетов с основными экспериментальными величинами^{/3/}. К таким величинам относятся в первую очередь полные неупругие сечения и средние множественности вторичных частиц. Для более детального исследования процессов множественного рождения частиц на ядрах и проверки различных теоретических подходов необходимо также анализировать распределения по множественности вторичных частиц разного сорта.

В настоящей работе представлены экспериментальные данные по множественности π^- -мезонов, образованных при неупругих взаимодействиях с ядрами тантала релятивистских ядер дейтерия и гелия с импульсами $P_0 = 2,3; 4,2; 5,1$ ГэВ/с на нуклон и ядер углерода с импульсом $P_0 = 4,2$ ГэВ/с на нуклон. Экспериментальный материал получен с помощью 2-метровой пузырьковой пропановой камеры Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, внутри рабочего объема которой размещены три танталовые пластины толщиной 1 мм. Методические вопросы были подробно изложены в работах^{/4-7/}.

В^{/2,8/} были представлены данные просмотра, в которых не учитывались потери π^- -мезонов, испущенных в определенные угловые интервалы. В настоящей работе данные при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон получены по результатам измерений, отобранных при просмотре событий. Были определены величины различных методических поправок, которые использовались также для той части экспериментального материала, где не было проведено измерений. Таким образом, для приведенных экспериментальных данных учитываются все методические поправки.

Для того чтобы получить распределения по множественности π^- -мезонов, в экспериментальные данные необходимо было внести ряд поправок, связанных с эффективностью регистрации и идентификации π^- -мезонов^{/7/}.

Визуальный отбор взаимодействий в пластинах, а также наличие измерительных погрешностей привели к определенной примеси событий, образованных в результате взаимодействий первичных ядер в прилегающем к пластинам тонком слое пропана. Величину примеси можно оценить, используя известные из наших предыдущих работ^{/5-7/} значения сечений взаимодействия налетающих ядер с ядрами пропана. Оценки показали, что примесь составляет 4-13% для различных первичных ядер. Далее распределения по множественности π^- -мезо-

нов в соударениях с ядрами пропана /8/ нормировались на число событий примеси и вычитались из соответствующих распределений для взаимодействий в танталовых пластинках.

Из числа событий без π^- -мезонов были исключены упругие взаимодействия, а также случаи дифракционного развала ядра-снаряда; их число составило в сумме около 1% от общего числа событий. Затем необходимо было внести поправки, связанные с потерями π^- -мезонов, вылетающих под углом около 90° к направлению пучка и "застревающих" в танталовой пластине, а также вылетающих под большим углом к плоскости фотографирования. Эти потери составляют 8-13% для различных первичных ядер /7/. Учитывались поправки, связанные со вторичными взаимодействиями π^- -мезонов и спекторных фрагментов налетающего ядра в той же пластине, и примесь от неидентифицированных электронов /около 5%/. Поправка на поглощение медленных /с импульсом меньше 80 МэВ/с/ π^- -мезонов в пластинках не вводилась из-за отсутствия экспериментальных данных о виде спектра π^- -мезонов в этой области импульсов. Отметим, что поправки, связанные с потерей и примесью π^- -мезонов, имеют противоположные знаки и поэтому частично компенсируют друг друга. В результате после исключения примеси событий в пропане суммарная поправка на число π^- -мезонов составляет 3-8% для различных первичных ядер /7/.

Зная величину суммарной поправки, можно определить значение средней множественности π^- -мезонов. Для восстановления распределений по множественности необходимо составить и решить систему линейных уравнений. Поскольку величины поправок к средней множественности невелики, учет примеси неидентифицированных электронов и потерь π^- -мезонов проводился независимо.

Пусть q_+ - суммарная поправка на примесь неидентифицированных электронов и на вторичные взаимодействия спекторных фрагментов. Тогда исправленное /с учетом этой поправки/ число событий без π^- -мезонов $N_0^{\text{исп}}$ равно

$$N_0^{\text{исп}} = N_0^{\text{наб.}} + q_+ \cdot N_1^{\text{наб.}} + q_+^2 \cdot N_2^{\text{наб.}} + \dots + q_+^i N_i^{\text{наб.}} + \dots,$$

где $N_i^{\text{наб.}}$ - экспериментально наблюдаемое число событий с i мезонами, а q_+ имеет смысл вероятности неправильной идентификации π^- -мезона.

Аналогично для событий с одним π^- -мезоном

$$N_1^{\text{исп.}} = 0 \cdot N_0^{\text{наб.}} + C_1^1 (1-q_+) N_1^{\text{наб.}} + C_2^1 q_+ (1-q_+) N_2^{\text{наб.}} + \dots + C_i^{i-1} q_+^{i-1} (1-q_+) N_i^{\text{наб.}} + \dots$$

и для событий с j π^- -мезонами ($j > 1$)

$$N_j^{\text{исп.}} = 0 \cdot N_0^{\text{наб.}} + 0 \cdot N_1^{\text{наб.}} + \dots + C_j^j (1-q_+)^j N_j^{\text{наб.}} + \dots + C_i^{i-j} q_+^{i-j} (1-q_+)^j N_i^{\text{наб.}} + \dots,$$

где C_n^k - комбинаторный множитель.

Таким образом, чтобы получить исправленное распределение по множественности π^- -мезонов - вектор $Y = (N_0^{\text{исп.}}, N_1^{\text{исп.}}, \dots, N_j^{\text{исп.}}, \dots)$ - необходимо вектор $B = (N_0^{\text{наб.}}, N_1^{\text{наб.}}, \dots, N_i^{\text{наб.}}, \dots)$ умножить на матрицу $A_{(+)}$:

$$Y = A_{(+)} \cdot B, \quad /1/$$

где

$$A_{(+)}_{ij} = \begin{cases} C_{i-1}^{i-j} q_+^{i-j} (1-q_+)^{j-1} & i \geq j, \\ 0, & i < j \end{cases} \quad /2/$$

($i, j = 1, 2, 3, \dots$).

Величина поправки q_+ одинакова для разных налетающих ядер и первичных импульсов и равна 5,5% /7/.

Чтобы получить истинное распределение по множественности π^- -мезонов $X = (N_0^{\text{ист.}}, N_1^{\text{ист.}}, \dots)$ с учетом суммарной поправки как на примесь неправильно идентифицированных π^- -мезонов, так и на их потерю q_- , необходимо решить систему линейных уравнений:

$$A_{(-)} \cdot X = Y. \quad /3/$$

Элементы треугольной матрицы $A_{(-)}_{ij}$ получаются из /2/ в результате замены q_+ на q_- , в них учитывается вклад от событий с большим числом π^- -мезонов в события с меньшим числом π^- -мезонов из-за наличия потерь. Вероятность потери π^- -мезона в событии q_- принималась равной суммарной поправке к средней множественности π^- -мезонов из-за их потери после вычитания примеси событий в пропане: $q_- = 12\%$ для dTa-, 13% для HeTa- и 8% для STa-взаимодействий /7/. Анализ показал, что значение q_- не зависит от числа π^- -мезонов в событии.

На рис.1 представлены распределения по множественности π^- -мезонов для HeTa-взаимодействий при импульсе $P_0 = 4,2$ ГэВ/с на нуклон: экспериментально наблюдаемое распределение /1/, полученное с учетом поправки на примесь неидентифицированных электронов $q_+ /2/$, а также с учетом суммарной поправки на примесь и потерю $q_- \pi^-$ -мезонов /3/. Нормируя восстановленное распределение на единицу, находим вероятности наблюдения событий с данным числом n π^- -мезонов.

Результаты, полученные для различных налетающих ядер и первичных импульсов P_0 , приведены в табл.1. Там же указано число зарегистрированных событий, для которых восстанавливалось распределение по множественности π^- -мезонов.

На рис.2 представлены распределения по множественности $V(n_-)$ π^- -мезонов для dTa-, HeTa- и STa-соударений при импульсе $P_0 = 4,2$ ГэВ/с на нуклон. Пунктирные кривые соответствуют распределениям Пуассона со средними, равными экспериментальным зна-

Вероятность наблюдения событий с данным числом n_{π^-} -мезонов в (d, He, C)Ta-взаимодействиях при различных первичных импульсах P_0 . Указано число событий $N_{\text{соб.}}$ в соответствующих распределениях по множественности

A_i, P_0	n_{π^-}													$N_{\text{соб.}}$		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	14+16
C	4,2	0,174 +0,026	0,015 0,011	0,122 0,010	0,100 0,009	0,083 0,009	0,071 0,008	0,066 0,008	0,049 0,007	0,015 0,004	0,016 0,004	0,011 0,008	0,004 0,002	0,009 0,003	0,001 0,001	1048
He	5,1	0,178 +0,026	0,303 0,017	0,198 0,014	0,169 0,013	0,072 0,008	0,057 0,007	0,014 0,004	0,008 0,003	0,001 0,001						1055
	4,2	0,194 +0,032	0,347 0,022	0,228 0,018	0,149 0,014	0,091 0,008	0,016 0,005	0,012 0,004	0,002 0,002	0,001 0,001						799
d	2,3	0,535 +0,044	0,345 0,017	0,101 0,010	0,011 0,003	0,007 0,001										1132
	5,1	0,285 +0,048	0,408 0,028	0,216 0,021	0,061 0,011	0,025 0,007	0,002 0,002									509
d	4,2	0,384 +0,018	0,376 0,017	0,185 0,012	0,048 0,006	0,004 0,002	0,001 0,001									1252
	2,3	0,686 +0,050	0,286 0,016	0,026 0,005	0,001 0,001	0,001 0,001										1114

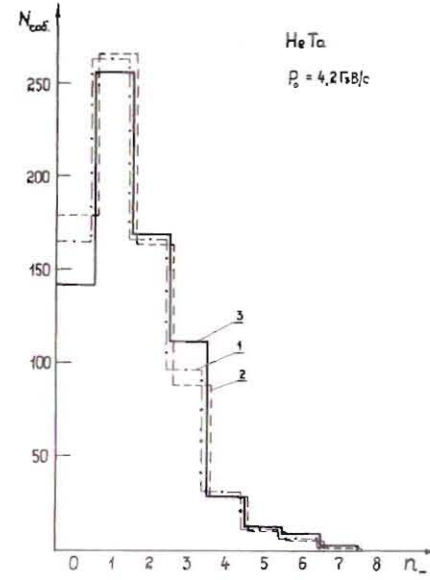


Рис.1. Распределения по множественности π^- -мезонов для HeTa-взаимодействий при импульсе $P_0 = 4,2$ ГэВ/с на нуклон, полученные с учетом различных поправок.

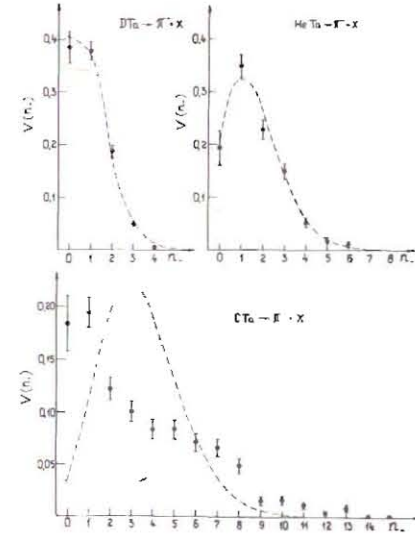


Рис.2. Распределения по множественности π^- -мезонов для (d, He, C)Ta-взаимодействий при импульсе налетающего ядра $P_0 = 4,2$ ГэВ/с на нуклон. Пунктирные кривые соответствуют распределениям Пуассона с параметрами, равными экспериментальным значениям.

чениям. В случае STa-столкновений экспериментальное распределение существенно шире пуассоновского. Уширение распределения заметно и для HeTa-взаимодействий при импульсе $P_0 = 5,1$ ГэВ/с на нуклон. Это видно из табл.2, где приводятся величины средних множественностей $\langle n_{\pi^-} \rangle$ и дисперсий $D_{\pi^-}^2 = \langle n_{\pi^-}^2 \rangle - \langle n_{\pi^-} \rangle^2$ распределений по множественности π^- -мезонов в неупругих взаимодействиях релятивистских ядер углерода, гелия и дейтерия с ядрами тантала для различных значений P_0 первичного импульса. Как известно, для пуассоновских распределений $\langle n \rangle / D^2 = 1$.

Уширение распределений по множественности связано с увеличением вклада в дисперсию D_{π^-} флуктуации числа взаимодействующих нуклонов ядра-снаряда^{1/2}. Из табл.2 также видно, что средняя множественность π^- -мезонов быстро растет с ростом атомного веса налетающего ядра /пропорционально числу взаимодействующих нуклонов^{1/2}/.

Таблица 2

Средние множественности $\langle n_- \rangle$ и дисперсии D_-^2 распределений по числу π^- -мезонов в неупругих взаимодействиях с ядром тантала ядер дейтерия, гелия и углерода при различных первичных импульсах P_0

A_i	P_0	$\langle n_- \rangle$	D_-^2
C	4,2	$3,40 \pm 0,20$	$9,30 \pm 0,60$
He	5,1	$1,93 \pm 0,10$	$2,40 \pm 0,20$
	4,2	$1,60 \pm 0,10$	$1,76 \pm 0,15$
d	2,3	$0,61 \pm 0,03$	$0,61 \pm 0,05$
	5,1	$1,15 \pm 0,10$	$1,04 \pm 0,10$
	4,2	$0,91 \pm 0,05$	$0,84 \pm 0,05$
	2,3	$0,34 \pm 0,04$	$0,29 \pm 0,02$

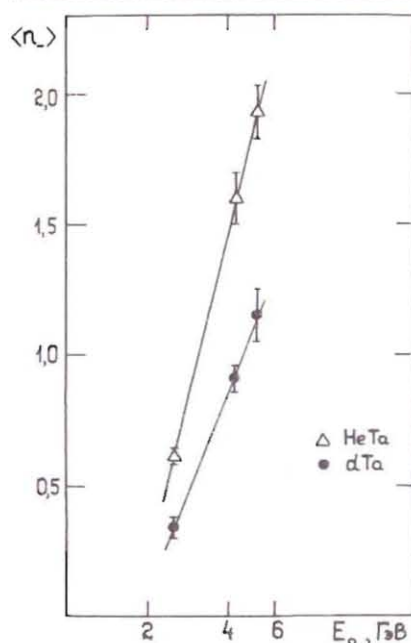


Рис. 3. Средняя множественность π^- -мезонов $\langle n_- \rangle$ в dTa- и HeTa-соударениях в зависимости от первичной энергии E_0 .

На рис. 3 приведена зависимость средней множественности $\langle n_- \rangle$ π^- -мезонов в dTa- и HeTa-столкновениях от первичной энергии налетающего ядра E_0 . Прямые соответствуют логарифмической зависимости $\langle n_- \rangle \sim \ln E_0$. Видно, что средняя множественность π^- -мезонов в dTa- и HeTa-взаимодействиях в интервале энергий $2,5$ – $5,2$ ГэВ/с² на нуклон быстро растет с ростом энергии.

В настоящее время большой интерес вызывает исследование характеристик центральных ядро-ядерных соударений^{/1,9/}, происходящих при малых прицельных параметрах. Отбор центральных столкновений был произведен в соударениях с ядрами тантала ядер гелия и углерода при импульсе $4,2$ ГэВ/с на нуклон. Отбирались те события, в которых отсутствовали заряженные спектаторные фрагменты налетающего ядра – положитель-

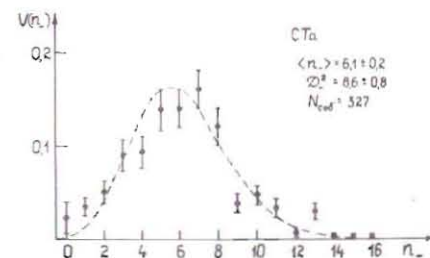
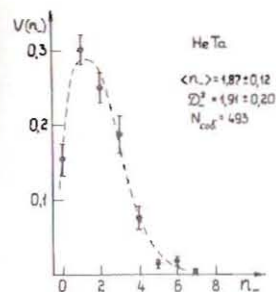


Рис. 4. Распределения по множественности π^- -мезонов в центральных соударениях ядер гелия и углерода с ядром тантала.

но заряженные частицы с импульсом выше 3 ГэВ/с, испущенные под углом меньше 4° к направлению первичного ядра^{/10/}. К полученным распределениям по множественности π^- -мезонов применялась описанная выше процедура восстановления /1/-/3/. Результаты представлены на рис. 4. Пунктирные линии соответствуют распределениям Пуассона с параметрами, равными экспериментальным значениям. Критерии отбора центральных соударений уменьшают

вклад в дисперсию D_-^2 -флуктуаций числа взаимодействующих нуклонов ядра-снаряда, и распределения по множественности становятся уже.

В центральных столкновениях ядер гелия и углерода с танталом распределения по множественности близки к пуассоновским. Такое поведение распределений уже наблюдалось^{/9/}, оно согласуется с предсказаниями работы^{/11/}, в которой рассматривается термодинамическая модель ядро-ядерных взаимодействий.

В заключение авторы выражают благодарность участникам сотрудничества, коллективу, обслуживающему 2-метровую пропановую камеру, и лаборантам за большую помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агакишиев Г.Н. и др. ЯФ, 1981, 34, с.1517; Proc. 9th Int. Conf. on High Energy Physics and Nucl. Struct. Versailles, 1981; Nagamiya S. LBL-12950, Berkeley, 1981; Phys. Rev., 1981, C24, p.971; Aksinenko V.D. et al. Nucl. Phys., 1980, A348, p.518.
2. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1981, 33, с.1046.
3. Гаспарян А.П. и др. ОИЯИ, 1-12797, Дубна, 1979; Гаспарян А.П. и др. ЯФ, 1981, 34, с.1328.
4. Абдрахманов Е.О. и др. ОИЯИ, P1-10779, Дубна, 1977; ЯФ, 1978, 28, с.1020.
5. Ахабабян Н. и др. ОИЯИ, 1-12114, Дубна, 1979.

6. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, 1-12424, Дубна, 1979.
7. Агакишиев Г.Н. и др. ОИЯИ, 1-82-235, Дубна, 1982.
8. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, P1-12281, Дубна, 1979; ЯФ, 1979, 30, с.1590.
9. Бартке Е. и др. ЯФ, 1980, 32, с.699.
10. Neckman H.H. et al. Phys.Rev., 1978, C17, p.1651.
11. Gyulassy M., Kauffman S.K. Phys.Rev.Lett., 1977, 40, p.298.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 января 1983 года.

Агакишиев Г.Н. и др.

1-83-22

Распределения по множественности π^- -мезонов, образующихся при взаимодействии легких ядер с ядрами тантала при импульсах $P_0 = 2+5$ ГэВ/с на нуклон

Представлены распределения по множественности π^- -мезонов, образующихся при неупругом взаимодействии с ядрами тантала ядер дейтерия и гелия с импульсами $P_0 = 2,3; 4,2; 5,1$ ГэВ/с на нуклон и ядер углерода с импульсом $P_0 = 4,2$ ГэВ/с на нуклон. Экспериментальный материал получен с помощью 2-метровой пузырьковой пропановой камеры ЛВЗ ОИЯИ. Показано, что распределения по множественности π^- -мезонов в He-Ta-взаимодействиях при 5,1 ГэВ/с на нуклон и в C-Ta-взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон шире пуассоновского. Получена зависимость средней множественности π^- -мезонов от первичной энергии и атомного веса налетающего ядра. Представлены распределения по множественности π^- -мезонов в центральных столкновениях ядер гелия и углерода с танталом при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Agakishiev G.N. et al.

1-83-22

Multiplicity Distributions of π^- -Mesons Produced in Light Nuclei Interaction with Tantalum Nuclei for Momentum Interval 2+5 GeV/c per Nucleon

Multiplicity distributions of π^- -mesons produced in inelastic collisions of deuterium, helium and carbon nuclei with tantalum target are presented for momentum interval 2+5 GeV/c per nucleon. Experimental data are obtained by means of 2-metre bubble propane chamber of the Laboratory of High Energies; JINR. In He-Ta interactions at 5.1 GeV/c and in the C-Ta interactions at 4.2 GeV/c distributions are wider than the Poisson one. Dependence of average multiplicity of π^- -mesons on the primary energy and atomic weight of the projectile is also presented. In central collisions of nuclei the distributions are close to the Poisson one.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.