

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

798 / 2-80

25/2-80

P1 - 12869

Г.С.Шабратова

ДИСПЕРСИИ

РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ

ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ДЕЙТРОНОВ

И АЛЬФА-ЧАСТИЦ С ЯДРАМИ ЭМУЛЬСИИ

ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,5 ГЭВ/С НА НУКЛОН

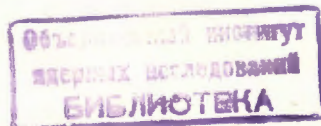
1979

P1 - 12869

Г.С.Шабратова

ДИСПЕРСИИ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ  
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ДЕЙТРОНОВ  
И АЛЬФА-ЧАСТИЦ С ЯДРАМИ ЭМУЛЬСИИ  
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,5 ГЭВ/С НА НУКЛОН

*Направлено в ЯФ*



Шабратова Г.С.

P1 - 12869

Дисперсии распределений по множественности во взаимодействиях дейтронов и альфа-частиц с ядрами эмульсии при импульсе 4,5 ГэВ/с на нуклон

Исследуется поведение корня квадратного из дисперсии распределения по множественности вторичных частиц в зависимости от среднего числа этих частиц, рожденных во взаимодействиях релятивистских ядер дейтрона и гелия с ядрами эмульсии при импульсе 4,5 ГэВ/с на нукл.

Показано, что для столкновений ядер с ядрами, усредненных по параметру удара /"средние" взаимодействия/, данные близки зависимости для вторичных пи-минус мезонов, из взаимодействий протонов с протонами. Для событий с фиксированным параметром удара поведение корня квадратного из дисперсии как функции среднего числа частиц отличается от аналогичной зависимости для взаимодействий протонов с протонами.

Результаты хорошо согласуются с картиной взаимодействий ядер с ядрами как суперпозиции столкновений нуклонов одного ядра с нуклонами другого.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Shabratoва G.S.

P1 - 12869

Dispersions of the Multiplicity Distributions in the Interactions of Deuterons and Alpha-Particles with Emulsion Nuclei at 4.5 GeV/c per Nucleon

It is shown that the behaviour of dispersions of the multiplicity distributions for particles produced in the interactions of projectile nuclei with groups of HCO, and Br, Ag emulsion nuclei v.s. average multiplicities agrees with similar behaviour for  $\pi^-$ -mesons from proton-proton interactions. At the definite number of interacting nucleons of the projectile nucleus the behaviour of dispersion square root with respect to average particle number is different analogous from dependence for proton-proton interactions. These results agree well with the calculations based on presentation of nucleus-nucleus interactions as a superposition of nucleon-nucleon collisions.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Исследование распределений по множественности частиц, рожденных во взаимодействиях адронов с нуклонами и ядрами, а также ядер с ядрами, является одним из средств изучения механизма генерации частиц в этих взаимодействиях. Основные свойства распределений описываются такими характеристиками, как среднее значение, дисперсия, асимметрия и т.д.

В настоящей работе изучается поведение корня квадратного из дисперсии для однозарядных частиц с  $\beta > 0,8$  /ливневых,  $s^-$ -частиц/ во взаимодействиях релятивистских ядер дейтрона и гелия с ядрами фотоэмульсии при импульсе 4,5 ГэВ/с на нуклон -  $D_s = \sqrt{\langle n_s^2 \rangle - \langle n_s \rangle^2}$ , а также поведение отношения среднего числа ливневых частиц  $\langle n_s \rangle$  к  $D_s$  как функций этого среднего числа. В число ливневых частиц не включались однозарядные частицы, рожденные вследствие фрагментации ядра-снаряда.

Ядерные фотоэмульсии типа БР-2 "НИИхимфотопроект" и эмульсии того же типа, но обогащенные легкими ядрами Н, С, О, облучались на синхрофазотроне ОИЯИ. Использование двух типов эмульсий позволило произвести разделение взаимодействий с группами ядер Н, С, О и Вг, Аг. Более подробно о методе разделения взаимодействий с отдельными группами ядер и о методе выделения частиц - фрагментов ядра-снаряда см., напр., в работах /1-4/.

Исследование перечисленных выше зависимостей проводилось как для взаимодействий в целом - усредненных по параметру столкновения ядер /далее будем называть такие взаимодействия "средними" /, так и для взаимодействий с определенным значением суммарного заряда, уносимого частицами - фрагментами ядра-снаряда  $Z$ . Знание величины этого заряда позволяет судить о степени периферичности столкновения. Для центральных столкновений  $Z=0$  /сюда же входят события нейтронного стриппинга/, для наиболее периферических в случае взаимодействия альфа-частиц с ядрами -  $Z=2$ .

Полученные результаты приведены в табл. 1 и на рис. 1,2. На рис.1 дана зависимость  $D_s$  от  $\langle n_s \rangle$ . Экспериментальные точки для "средних" взаимодействий оказываются систематически выше прямой для  $s^-$ -частиц, и хорошо укладываются на пря-

мой для  $\pi^-$ -мезонов. По-видимому, это совпадение носит чисто случайный характер.

Зависимость  $D_s$  от  $\langle n_s \rangle$  для взаимодействий дейтронов с ядрами при определенных значениях  $Z$  близка зависимости для "средних" взаимодействий.

В то же время экспериментальные значения  $D_s$  для взаимодействий альфа-частиц с ядрами при фиксированных  $Z$  не укладываются ни в одну из перечисленных зависимостей. Лучшая подгонка проведенной по ним прямой дает следующие значения параметров:  $(D_s = A\langle n_s \rangle + B)$   $A = 0,25 \pm 0,03$ ,  $B = 1,41 \pm 0,08$ . Параметр наклона  $A$  для взаимодействий протонов с протонами равен  $0,58 \pm 0,01^{1/5}$ , что более чем в два раза отличается от полученного нами значения.

Таблица 1

Значения средних множественностей ливневых частиц  $\langle n_s \rangle$ , корня квадратного из дисперсии  $D_s = \sqrt{\langle n_s^2 \rangle - \langle n_s \rangle^2}$ , отношений  $\langle n_s \rangle / D_s$ .

Тип взаимодействия	Число взаимодействий	$\langle n_s \rangle$	$D_s$	$\langle n_s \rangle / D_s$
d-H,C,O	220	$2,3 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$
d-Br, Ag	406	$3,0 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,1$
$\alpha$ -H,C,O	322	$3,2 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$
$\alpha$ -Br, Ag	1314	$4,4 \pm 0,1$	$2,84 \pm 0,08$	$1,55 \pm 0,06$
d-Em	$Z=1$ 133	$1,6 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$
	$Z=0$ 277	$3,3 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$
$\alpha$ -Em	$Z=2$ 299	$1,2 \pm 0,1$	$1,7 \pm 0,1$	$0,72 \pm 0,07$
	$Z=1$ 1468	$2,5 \pm 0,1$	$2,01 \pm 0,05$	$1,24 \pm 0,06$
$\alpha$ -H,C,O	$Z=0$ 820	$5,4 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,1$	$1,86 \pm 0,08$
	$Z=2$ 72	$0,8 \pm 0,2$	$1,4 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,1$
$\alpha$ -H,C,O	$Z=1$ 408	$2,4 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,1$	$1,22 \pm 0,08$
	$Z=0$ 148	$4,2 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,2$
$\alpha$ -Br, Ag	$Z=2$ 289	$1,4 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,1$	$0,82 \pm 0,08$
	$Z=1$ 1154	$2,75 \pm 0,1$	$1,97 \pm 0,06$	$1,40 \pm 0,06$
$\alpha$ -Br, Ag	$Z=0$ 753	$5,8 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,1$	$2,00 \pm 0,08$

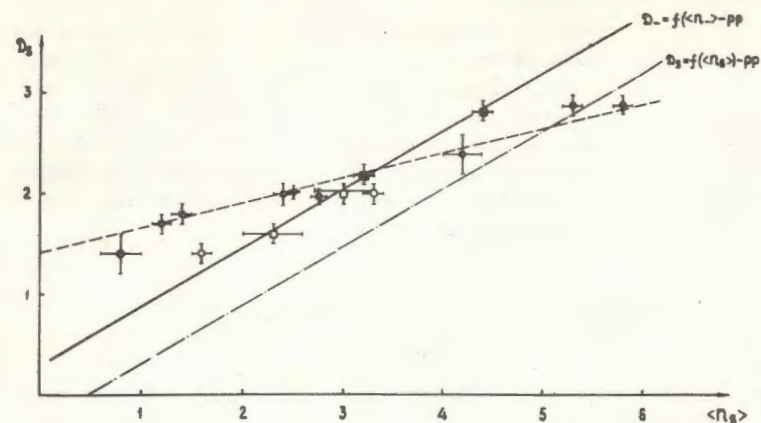


Рис.1. Зависимость корня квадратного из дисперсии  $D_s = \sqrt{\langle n_s^2 \rangle - \langle n_s \rangle^2}$  от средней множественности ливневых частиц  $\langle n_s \rangle$ . Светлые квадратики - d-H, C, O; d-Br, Ag- взаимодействия, темные -  $\alpha$ -H, C, O;  $\alpha$ -Br, Ag- взаимодействия. Светлые кружки d-Em - взаимодействия при  $Z = 1, 0$ , темные -  $\alpha$ -H, C, O; Em; Br, Ag- взаимодействия при  $Z = 2, 1, 0$ . Сплошная прямая -  $D_{\pi^-} = 0,58 \langle n_{\pi^-} \rangle + 1,41$  для взаимодействий протонов с протонами, штрихпунктирная -  $D_s = 0,25 \langle n_s \rangle + 1,41$  для взаимодействий протонов с протонами, штрихованная прямая - результат фитирования  $D_s = 0,25 \langle n_s \rangle + 1,41$ .

Представленная на рис.2 зависимость отношения  $\langle n_s \rangle / D_s$  от средней множественности  $\langle n_s \rangle$  еще в большей степени подчеркивает наблюдаемое отличие полученных результатов от зависимости для s-частиц во взаимодействиях протонов с протонами /кривая 1/. Здесь же для иллюстрации приведена кривая для вторичных  $\pi^-$ -мезонов /кривая 2/.

Рассмотрим полученные нами результаты с точки зрения двух противоположных в своих основных предположениях моделей.

В модели когерентной трубки<sup>1/6/</sup>, рассматривающей столкновение двух ядер как суперпозицию когерентных столкновений нуклонов налетающего ядра с трубкой нуклонов ядра-мишени на их пути, делается предсказание о совпадении распределений по множественности для взаимодействий протонов с протонами и ядер с ядрами при эквивалентной энергии, т.е. при одинаковом значении средней множественности. Из результатов, представленных на рис.1 и 2, следует, что это утверждение оказывается несправедливым в случае распределения по множественности ливневых частиц /s-частиц/, по крайней мере для "средних" взаимодействий и для взаимодействий со значениями



Рис.2. Отношение  $\langle n_s \rangle / D_s$  как функция  $\langle n_s \rangle$ . Обозначения те же, что на рис.1. Кривая 1 - зависимость для  $\nu$ -частиц во взаимодействиях протонов с протонами, 2 - зависимость для вторичных  $\pi^-$ -мезонов во взаимодействиях протонов с протонами. Заштрихованная полоса - результат расчетов, изложенных в тексте.

заряда частиц - фрагментов ядра-снаряда, равными 1 и 2 /периферические взаимодействия,  $\langle n_s \rangle < 4$  /.

Сравним полученные результаты с расчетами, выполненными в рамках представления столкновения ядер с ядрами как суперпозиции взаимодействий нуклонов с нуклонами. Средняя множественность и дисперсия для взаимодействий ядер с ядрами тогда могут быть представлены в следующем виде:

$$\langle n_{A_1 A_2} \rangle = \bar{\nu}_{A_1} \langle n_{N A_2} \rangle = \bar{\nu}_{A_1} \bar{\nu}_{N A_2} \langle n_{NN} \rangle \quad /1/$$

$$D_{A_1 A_2}^2 = (\bar{\nu}_{A_1}^2 - \bar{\nu}_{A_1}) \langle n_{N A_2} \rangle^2 + \bar{\nu}_{A_1} D_{N A_2}^2 = (\bar{\nu}_{A_1}^2 - \bar{\nu}_{A_1}) \bar{\nu}_{N A_2}^2 \langle n_{NN} \rangle^2 + \bar{\nu}_{A_1} \{ (\bar{\nu}_{N A_2}^2 - \bar{\nu}_{N A_2}) \langle n_{NN} \rangle^2 + \bar{\nu}_{N A_2} D_{NN}^2 \} \quad /2/$$

где  $\bar{\nu}_{A_1}$  - среднее число провзаимодействовавших нуклонов ядра-снаряда,  $\bar{\nu}_{N A_2}$  - среднее число столкновений налетающего нуклона с нуклонами ядра мишени.

Сравнение будем проводить для взаимодействий с фиксированными значениями зарядов фрагментов ядра-снаряда. Предположим, что для этих взаимодействий число столкновений каждого нуклона ядра-снаряда с нуклонами ядра-мишени  $\nu_{N A_2}$  распределено по закону Пуассона. Тогда

$$\frac{D_{A_1 A_2}^2}{\langle n_{A_1 A_2} \rangle^2} = \frac{\bar{\nu}_{A_1}^2 - \bar{\nu}_{A_1}}{\bar{\nu}_{A_1}^2} + \frac{\langle n_{NN} \rangle}{\langle n_{A_1 A_2} \rangle} \left( 1 + \frac{D_{NN}^2}{\langle n_{NN} \rangle^2} \right) \quad /3/$$

Среднее число ливневых частиц во взаимодействиях нуклонов с нуклонами предполагалось равным аналогичному значению во взаимодействиях протонов с протонами. Определялось оно на основе знания среднего числа заряженных частиц при импульсе 4,0 ГэВ/с  $\langle n_{ch} \rangle = 2,54 \pm 0,03$  и соотношения между  $\langle n_s \rangle$  и  $\langle n_{ch} \rangle$  при энергии 6,2 ГэВ и равно  $\langle n_s \rangle = 1,98 \pm 0,12$ . Для ливневых частиц  $\langle n_{NN} \rangle / D_{NN}$  найдено из зависимости 1, представленной на рис.2, при  $\langle n_s \rangle = 1,98$  с относительной ошибкой, равной ошибке в определении  $\langle n_{ch} \rangle / D_{ch}$  из работы <sup>/5/</sup>. Зависимость 1 /рис.2/ получена из зависимости  $D_{ch} = /0,58 \pm 0,01/ \langle n_{ch} \rangle - /0,56 \pm 0,01/^{1/5}$  с заменой  $\langle n_{ch} \rangle = \langle n_s \rangle + 0,5$ .

Средние и среднеквадратичные значения числа провзаимодействовавших нуклонов ядра-снаряда  $\bar{\nu}_{A_1}$  и  $\bar{\nu}_{A_1}^2$  были определены на основе наших данных о доле взаимодействий с определенными величинами Z; о доле протонов, дейтронов, трития в однозарядных фрагментах и о доле  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$  в двухзарядных фрагментах <sup>/3/</sup>. Для событий с Z=0 предполагалось, что доля событий со стриппингом нейтрона равна доле событий со стриппингом протона. В табл.2 приведены полученные значения  $\bar{\nu}_{A_1}$  и  $\bar{\nu}_{A_1}^2$  для взаимодействий с разными значениями Z.

Результаты расчета приведены на рис.2 в виде заштрихованной полосы, учитывающей ошибки в определении  $\langle n_s \rangle_{pp}$ ,

Таблица 2

Тип взаимодействия	Z	$\bar{\nu}_{A_1}$	$\bar{\nu}_{A_1}^2$
dEm	1	1	1
" "	0	$1,7 \pm 0,4$	$3,2 \pm 1,2$
α	E <sub>m</sub>	$0,6 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$
	H,C,O	$2,4 \pm 0,4$	$6,2 \pm 1,2$
	Br, Ag	$3,7 \pm 0,4$	$13,7 \pm 1,5$

$\langle n_s \rangle_{A_1 A_2}$ ,  $(D_s^2 / \langle n_s^2 \rangle)_{pp}$ ,  $\bar{\nu}_{A_1}$ ,  $\overline{\nu_{A_1}^2}$ . Из сравнения этих результатов с экспериментальной зависимостью видно, что расчетная зависимость хорошо передает ход изменения последней.

Таким образом, наблюдаемые зависимости не противоречат рассмотрению столкновений ядер с ядрами как суперпозиции столкновений нуклонов одного ядра с нуклонами другого.

В заключение автор благодарит К.Д.Толстова и С.А.Хорозова за ряд критических замечаний, сделанных при обсуждении данной работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сотрудничество Варшава-Дубна-Гатчина-Кошице-Ленинград-Москва-Ташкент. ОИЯИ, P1-8313, Дубна, 1974.
2. Сотрудничество Варшава-Дубна-Кошице-Ленинград-Москва-Ташкент-Улан-Батор. ОИЯИ, P1-9364, Дубна, 1974.
3. Shabratova G.S., et al. Acta Phys.Slov. 1978, 28, p.132.
4. Толстов К.Д. ОИЯИ, P1-9286, Дубна, 1975.
5. E. de Wolf, J.J.Dumont, F.Verbeure. Nucl.Phys., 1975, B87, p.325.
6. Dar A., Inv. Talk at the Topical Meeting on Nucl. Production at Very High Energies Trieste, 1976.
7. Winzeler H. Nucl.Phys., 1965, 69, p.661.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 октября 1979 года.