

C-165

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1 - 11050

САЛОМОВ

Джабор Абдусатторович

ИСПУСКАНИЕ ЧАСТИЦ И ПОЛНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ЯДЕР
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ БЫСТРЫХ АДРОНОВ
И ЛЕГКИХ ИОНОВ С ЯДРАМИ

Специальность 01.04.01-экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

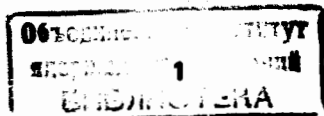
Дубна 1977

Изучение взаимодействий адронов и ядер высокой энергии с ядрами представляет собой один из быстроразвивающихся разделов физики микромира. Это обусловлено созданием для исследования мощных ускорителей элементарных частиц и легких ядер (ОИЯИ, ФНАД, ЦЕРН и др.) и появлением ряда новых теоретических идей, посвященных рассмотрению пространственно-временных соотношений в процессе взаимодействия, проявлению коллективных эффектов при столкновении быстрых частиц и ядер с ядрами (кумулятивный эффект, ударные волны) и др. Поэтому проведение экспериментов в этом направлении является актуальной задачей.

Диссертация посвящена изучению взаимодействия адронов (X, p) и легких ионов (He^4, C^{12}) с ядрами при высокой энергии.

Основной целью диссертации является исследование процесса возбуждения и распада ядра мишени в этих взаимодействиях, что в области высокой энергии налетающих частиц мало изучено.

Благодаря разработке и усовершенствованию методики, был получен ряд новых результатов, в том числе пока единственных. К ним относятся, например, обнаружение и изучение явлений полного разрушения тяжелых ядер (Ag, Br) и Pb при столкновении с ними протонов с импульсом 70 ГэВ/с и легких ионов He^4 и C^{12} с импульсом 4,2 ГэВ/с на нуклон. Получены также новые данные по энергетическим характеристикам как рожденных частиц, так и частиц-продуктов распада ядра-мишени.



Обнаружен и исследован выход большого числа протонов с энергией $26 \text{ МэВ} \leq E \leq 400 \text{ МэВ}$ (g - частицы) при полном разрушении тяжелых ядер, что является важным фактом для построения теории ядерных реакций при высоких энергиях и может иметь практическое применение.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения.

Во введении определяется цель работы, научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе дается описание методики исследований.

Показано, что примененный метод ядерных эмульсий, благодаря высокому пространственному разрешению и регистрации частиц в широком диапазоне их энергии, массы и заряда, является достаточно эффективным методом, с помощью которого можно получить обширную информацию о неупругих взаимодействиях адронов и ядер с ядрами при высоких энергиях.

В наших экспериментах^{/I-3/} наряду со стандартной эмульсией БР-2 использовалась такая же эмульсия, обогащенная легкими ядрами с помощью наполнителей: этиленгликоля $(\text{CH}_2\text{OH})_n$ или глицерина $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{16})$. Это позволило уменьшить содержание ядер Ag , Br и N в единице объема примерно в 2,5 + 2,7 раза и дало возможность применить однозначный разностный метод для разделения взаимодействий с легкой (C, O) и тяжелой (Ag, Br) компонентой эмульсии. Исползованный метод свободен от неоднозначностей способов, применявшихся прежде. Преимущество применения эмульсии с различным составом ядер показано на примере определения сечений неупругого взаимодействия α -частиц с импульсом 17 ГэВ/с с ядрами фотоэмульсии. Были получены следующие значения сечений: $G_c = (410 \pm 50)$ мбарн, $G_o = (500 \pm 60)$ мбарн, $G_{br} = (1455 \pm 110)$ мбарн, $G_{ag} = (1780 \pm 130)$ мбарн^{/I/}

Найденные значения G находятся в хорошем согласии с данными других авторов, полученными позже с помощью различных методов.

Другой особенностью эксперимента является применение импульсного магнитного поля при облучении фотоэмульсии, что позволило измерить импульсы быстрых частиц и разделить их по заряду. Эффективное напряжение магнитного поля ($H_{\text{эфф.}}$) в рабочем объеме эмульсионных стоек составляло примерно 180 кГс, а неоднородность магнитного поля в том же объеме не превышала 4%. Средняя относительная погрешность при измерениях импульсов вторичных быстрых частиц составляла $15 + 20\%$, и полученная точность для экспериментов с фотоэмульсиями пока является одной из лучших.

Вторая глава посвящена изучению неупругих взаимодействий протонов с $P_0 = 70$ ГэВ/с, Π -мезонов с $P_0 = 60$ ГэВ/с и 50 ГэВ/с с ядрами $(C, O), (Ag, Br)$ и со средним ядром эмульсии $\langle E_m \rangle$. Там же дан обзор современного состояния теории и моделей взаимодействий адронов и ядер с ядрами при высоких энергиях.

Отбор событий неупругих взаимодействий налетающей частицы с ядрами производился по общепринятым критериям. При анализе взаимодействия Π -мезонов с импульсом 50 ГэВ/с с ядрами эмульсии, облученной в магнитном поле, исследовались зависимости различных характеристик вторичных частиц от числа частиц-продуктов распада мишени N_k : $N_k = 0, 1$ - квазинуклонные взаимодействия; $N_k \leq 6$ - взаимодействия с ядрами C, N, O и ядрами Ag, Br с малым возбуждением; $N_k \geq 7$ - взаимодействия с тяжелыми ядрами эмульсии (Ag, Br) , сопровождающиеся большим возбуждением (большая "толщина" ядерного вещества на пути первичной частицы).

Все вторичные частицы делятся, как принято, на ливневые (S -частицы, $\beta > 0,7$), серые (g -частицы, $\beta \leq 0,7$ и остаточный пробег $R > 3000$ мкм) и черные (b -частицы, $R \leq 3000$ мкм). Их число соответственно обозначается через n_s , n_g , n_b и N_h ($N_h = n_b + n_g$).

Анализ экспериментальных данных по множественности S -частиц в интервале энергий $6 + 400$ ГэВ показывает, что $\langle n_s \rangle$ растет с увеличением E_0 , однако рост $\langle n_s \rangle$ при более высоких энергиях (> 70 ГэВ) медленнее, чем при энергии меньше 70 ГэВ. Нормированная множественность

$$R_A = \frac{\langle n_s \rangle_A}{\langle n_{ch} \rangle}$$

где $\langle n_s \rangle_A$ - среднее число S -частиц в адрон-ядерных столкновениях, а $\langle n_{ch} \rangle$ - среднее число заряженных частиц в адрон-адронных взаимодействиях, слабо зависит от атомного номера ядра мишени и параметризуется зависимостью $R_A = A^\alpha$, где

$\alpha = 0,18 \pm 0,04$, что согласуется с данными других авторов в большой области энергии налетающей частицы.

На рис. 1 показана зависимость среднего числа $\langle N_h \rangle$ от числа рожденных частиц n_s для различных энергий налетающего протона. Наклон прямой $\langle N_h \rangle = f(n_s, E_0)$ с ростом энергии уменьшается, что связано с быстрым ростом n_s в зависимости от роста первичной энергии. Зависимость $\langle n_s \rangle$ от числа серых следов n_g показана на рис. 2. Корреляции $\langle N_h \rangle = f(n_s, E_0)$ и $\langle n_s \rangle = f(n_g, E_0)$ указывают на линейный характер этих зависимостей.

Анализ зависимостей импульсных характеристик вторичных заряженных частиц от "толщины" ядерного вещества на пути частицы (характеризуемой величиной N_h) и энергии первичной частицы показывает, что средние поперечные импульсы Π^- и Π^+ -мезонов в ПГА-

соударениях при 50 ГэВ/с несколько выше, чем при 17 ГэВ/с, и в рА-взаимодействиях с $N_h \geq 7$ при 21 ГэВ/с^{4/}.

На рис. 3 показана зависимость $\langle P_\perp \rangle$ от степени разрушения ядра-мишени n_g для Π^\pm мезонов в ПГА-соударениях. Как видно из рисунка 3, $\langle P_\perp \rangle$ рожденных Π^\pm мезонов не зависит от n_g .

Получены данные по парциальным коэффициентам неупругости K_\pm и K_0 в зависимости от размера ядра-мишени и его степени возбуждения N_h в ПГА-взаимодействиях при $P_0 = 50$ ГэВ/с (K_\pm и K_0 представляют собой долю первичной энергии, уносимой вторичными положительно и отрицательно заряженными, а также нейтральными частицами соответственно^{7/}). Значения средних величин парциальных коэффициентов неупругости приведены в таблице I.

Таблица I

Парциальный коэффициент неупругости	N_h	$N_h \leq 6$	$N_h \geq 7$
K_+	$0,20 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,01$	$0,27 \pm 0,01$
K_-	$0,41 \pm 0,01$	$0,42 \pm 0,01$	$0,31 \pm 0,01$
K_-^*	$0,22 \pm 0,01$	$0,25 \pm 0,01$	$0,27 \pm 0,01$
K_\pm	$0,61 \pm 0,02$	$0,64 \pm 0,01$	$0,58 \pm 0,02$
K_\pm^{**}	$0,42 \pm 0,02$	$0,47 \pm 0,01$	$0,53 \pm 0,02$
K_\pm^\pm	$(0,42 \pm 0,02)$	$(0,46 \pm 0,01)$	$(0,51 \pm 0,02)$ - без релятивистских протонов отдачи
K_0	$0,39 \pm 0,02$	$0,35 \pm 0,01$	$0,41 \pm 0,02$
$(K_{K^0, \bar{K}^0, \Lambda^0})$	$(0,38 \pm 0,02)$	$(0,34 \pm 0,01)$	$(0,38 \pm 0,02)$ - без быстрых и медленных нейтронов

* При исключении "лидирующей" частицы (Π^- с $P \geq 0,3 P_0$).

** При исключении "лидирующей" частицы и быстрых протонов.

Из таблицы 1 следует, что полная энергия, уносимая всеми ливневыми заряженными и нейтральными частицами, одинакова в пределах ошибок эксперимента для всех групп взаимодействий. Однако парциальные коэффициенты неупругости K_+ и K_- (без "лидирующей" частицы) показывают слабую A -зависимость. Если эту зависимость представить в виде $K_{\pm} \sim A^{\alpha}$, то при переходе от легких ядер C, N, O к тяжелым Ag, Br получим $\alpha = 0,05 \pm 0,01$.

На рисунках 4,5 показаны энергетические спектры медленных протонов и α -частиц при взаимодействиях протонов с импульсом 70 ГэВ/с с ядрами Ag, Br . В нашей работе^{/3/} было показано, что рассчитанные на основе испарительной модели кривые в целом не описывают экспериментальные результаты. Абул-Магд и Хафнер^{*/} на основе новой предложенной ими модели попытались объяснить наши результаты. Однако, как видно из рис. 4,5, их расчетные кривые также не аппроксимируют экспериментальные результаты.

В третьей главе исследуется явление полного разрушения тяжелых ядер Ag, Br ($\langle A \rangle = 94$) и ядер Pb ($A = 207$) под действием протонов с $P_0 = 70$ ГэВ/с и легких ионов He^4 и C^{12} с $P_0 = 4,2$ ГэВ/с на нуклон^{/8,9/}.

В экспериментах использовались фотоэмульсии БР-2 и эмульсия БР-2, содержащая соли свинца, - БР-2Рв. Соли свинца вводились в жидкую эмульсию непосредственно перед изготовлением фотоэмульсионных слоев. К событиям полного разрушения ядер Ag, Br и Pb относились звезды с $N_h \geq 28$ и $N \geq 40$ соответственно.

В таблице 2 приведена вероятность полного разрушения ядра при взаимодействии протонов, ионов He^4 и C^{12} с ядрами Ag, Br и Pb .

^{*/} A.Y. Abul-Magd, J. Hüfner. Preprint of Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, W. Germany, 1977.

Таблица 2

Налет. снаряд	Импульс (ГэВ/с на нуклон)	Вероятность полного разрушения в %	
		Ag, Br	Pb
P	70	$3,0 \pm 0,8$	7 ± 2
He^4	4,2	$6,4 \pm 1,0$	10 ± 2
C^{12}	4,2	$15 \pm 1,5$	-

Величина вероятности вычислялась как отношение числа взаимодействий с полным разрушением ядра к числу всех неупругих столкновений с ядрами Ag, Br и Pb в исследуемом объеме эмульсии. В таблице 2 виден рост вероятности полного разрушения с увеличением массы налетающей частицы.

В таблице 3 приведены данные по средним множественностям $\langle n_s \rangle, \langle n_g \rangle, \langle n_b \rangle$ и половинному углу $\theta_{I/2}$ (угол раствора конуса, в который вылетает половина частиц), а также среднее число N_h и значения отношений числа g - и b -частиц, испущенных в переднюю полусферу, к числу этих же частиц, испущенных в заднюю полусферу.

Прежде всего обращает на себя внимание тот факт, что в совокупности h -частиц велика доля g -частиц. Это наблюдается в случае взаимодействия протонов с ядрами и в еще большей степени для $He^4 + (Ag, Br)$ -и $C^{12} + (Ag, Br)$ - столкновений. Из сравнения значений $\theta_{g,1/2}$ и $\theta_{b,1/2}$ для взаимодействий $P + (Ag, Br), He^4 + (Ag, Br)$ и $C^{12} + (Ag, Br)$, а также

$$\frac{n_g, \text{ вперед}}{n_g, \text{ назад}} \quad \text{и} \quad \frac{n_b, \text{ вперед}}{n_b, \text{ назад}}$$

Таблица 3

Характеристика	$d+Ag, Br$	$d+Pb$	$P+Ag, Br$	$P+Pb$	$C^{12}+Ag, Br$
$\langle n_s \rangle$	$9,4 \pm 0,4$	$12,5 \pm 1$	$19,0 \pm 1,0$	$20,7 \pm 1,0$	$18,6 \pm 0,7$
$\langle n_g \rangle$	$19,8 \pm 1,4$	$34,7 \pm 2,4$	$14,2 \pm 0,8$	$23,0 \pm 1,0$	$22,3 \pm 0,8$
$\langle n_b \rangle$	$10,9 \pm 1,0$	$12,7 \pm 1,3$	$15,8 \pm 0,4$	$19,2 \pm 0,4$	$11,1 \pm 0,5$
$\langle N_h \rangle$	$30,7 \pm 1,4$	$47,4 \pm 1,5$	30 ± 1	$42,2 \pm 1,2$	$33,4 \pm 0,9$
$\theta_{s, \frac{1}{2}}$	45°	53°	28°	25°	30°
$\theta_{g, \frac{1}{2}}$	66°	68°	69°	68°	60°
$\theta_{b, \frac{1}{2}}$	$95^\circ \pm 5^\circ$	$95^\circ \pm 5^\circ$	-	$89^\circ \pm 3^\circ$	78°
n_g , вперед	$2,51 \pm 0,4$	$2,15 \pm 0,3$	-	$2,15 \pm 0,3$	$3,22 \pm 0,2$
n_g , назад					
n_b , вперед	$0,87 \pm 0,3$	$0,88 \pm 0,2$	-	$1,09 \pm 0,23$	$1,31 \pm 0,3$
n_b , назад					

для тех же взаимодействий следует, что с увеличением массы налетающего снаряда растет направленность вперед g - и b -частиц. Для последних это, по-видимому, связано с ростом скорости ядра-мишени после столкновения (ядро-остаток получает больший импульс).

В таблице 4 приведены данные о средних числах $\langle n_p \rangle, \langle n_d \rangle, \langle n_f \rangle$ (протонов, d -частиц и фрагментов) в совокупности b -частиц, их средние энергии $\langle E_p \rangle, \langle E_d \rangle, \langle E_f \rangle$ и средний суммарный заряд $\langle Z \rangle$ частиц от распада мишени в случае полного разрушения ядер Ag, Br и Pb при взаимодействии с ними протонов и ядер He^4 . Энергетические распределения b -частиц приведены на рис. 6 для протонов и на рис. 7 - для d -частиц.

Таблица 4

Характеристика	$d+Ag, Br$	$d+Pb$	$P+Ag, Br$	$P+Pb$
$\langle n_p \rangle$	$6,2 \pm 0,7$	$5,1 \pm 1,0$	$10,0 \pm 0,6$	$14,6 \pm 0,7$
$\langle n_d \rangle$	$4,2 \pm 0,5$	$6,4 \pm 1,0$	$5,4 \pm 4,5$	$5,6 \pm 1,0$
$\langle n_f \rangle$	$0,6 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,3$
$\langle E_p \rangle$	$8,65 \pm 1,0$	$8,2 \pm 1,0$	11	$10,9 \pm 0,5$
$\langle E_d \rangle$	$30,8 \pm 3$	$33,4 \pm 5,0$	32	$38,4 \pm 3,2$
$\langle E_f \rangle$	$49,6 \pm 6$	$30,0 \pm 6,0$	-	$36,6 \pm 3,7$
$\langle Z \rangle$	41	63	41	62

Согласно таблице 4 для всех первичных частиц и ядер-мишени средние энергии вторичных протонов и d -частиц имеют близкие значения. Аналогичная картина характерна и для энергетических спектров: наблюдается их подобие (см. рис. 6,7).

Сравнение энергетических и угловых распределений, полученных при полном разрушении ядер, с аналогичными распределениями, наблюдаемыми для всех случаев неупругих взаимодействий быстрых частиц со средним ядром эмульсии $\langle E_m \rangle$, показывает, что они в общих чертах совпадают. Это указывает на важный факт: аналогично в механизмах взаимодействия быстрых частиц с ядрами в средних взаимодействиях и во взаимодействиях с полным разрушением ядер.

Суммарный заряд продуктов разрушения ядер был рассчитан на основе наших экспериментальных результатов с учетом среди g -частиц доли частиц с зарядом $Z = 2$ (He^3 и He^4). Всем

фрагментам приписывался заряд $\bar{z} = 3$, таким образом, в таблице 4 дается нижняя граница суммарного заряда. Средний суммарный заряд $\langle \bar{z} \rangle$ продуктов разрушения ядер Ag, Br оказался

$\geq 4I$, что практически не отличается от среднего эффективного заряда ядер Ag, Br . Следовательно, в изучаемых событиях остаточные ядра с заметными массами отсутствуют, то есть происходит полное разрушение ядер.

Для ядер Pb средний суммарный заряд $\langle \bar{z} \rangle \approx 63$. Таким образом, на долю фрагментов с $\bar{z} \geq 3$ приходится в среднем заряд $\bar{z} = 19$. Среди звезд, образованных при взаимодействии протонов и α -частиц с ядрами Pb , были зарегистрированы события с $N_k \geq 60$, а одна из них имела $N_k = 66$ (рис. 8). Полный анализ звезды показал, что среди 66 частиц имеется 57 однозарядных, 5 двухзарядных и 4 фрагмента ($\bar{z} \geq 3$). Таким образом, суммарный заряд испущенных частиц в этой звезде $\bar{z} \geq 57 \cdot 1 + 5 \cdot 2 + 4 \cdot 3 = 79$ ($\bar{z}_{PK} = 82$).

Выше обращалось внимание на большое число g -частиц в случаях полного разрушения ядер. Если учесть вылет нейтронов, число которых очевидно больше, чем протонов, в отношении $(A - \bar{z})/\bar{z} \sim 1,3$, то получаем, что половина нуклонов выбрасывается из ядра на "быстрой" стадии (не связанной с "испарительной") его взаимодействия с налетающей частицей. Объяснение этому эффекту, очевидно, нельзя искать в рамках известной каскадно-испарительной модели. Например, непонятно, почему α -частицы, в сравнении с протонами менее энергичны и поэтому генерирующие значительно меньшее число S -частиц (в 2 раза меньше), выбивают из ядра в 1,5 раза g -частиц больше, чем протоны.

В диссертации показано, что в рамках существующих моделей трудно объяснить полное разрушение тяжелых ядер. Анализ наших экспериментальных результатов указывает на возможность коллективного характера процессов при взаимодействии адронов и ядер с ядрами. Однако в настоящее время нет соответствующих расчетов по моделям коллективного типа.

Часть экспериментального материала, относящегося к энергиям Π -мезонов 50 ГэВ и ядер C^{12} - 50 ГэВ, получена коллективно в лабораториях Алма-Аты, Бухареста, Варшавы, Дубны, Кошице, Ленинграда, Москвы, Ташкента. Пользуясь случаем, автор выражает глубокую благодарность коллегам за плодотворное сотрудничество.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Показано, что использование эмульсий с двумя составами ядер и "вычитательной" методики позволит однозначно разделить взаимодействия на группах ядер C, O и Ag, Br . При использовании этой методики, определено сечение неупругих взаимодействий налетающей α -частицы с этими ядрами.

2. Проведен анализ процессов взаимодействия различных частиц с ядрами эмульсии.

Найдено, что:

а) средние значения N_k в большом интервале энергий независимо от массы налетающей частицы остаются примерно постоянными; при этом наклон прямой в зависимости $N_k = f(n_s) (N_k = \alpha n_s + \beta)$ для взаимодействий протонов с ядрами эмульсий с ростом энергии уменьшается;

б) величина среднего поперечного импульса рожденных заря-

женных частиц не зависит от степени разрушения ядра, что качественно согласуется с моделями генерации кластерного типа;

в) имеет место слабая зависимость парциальных коэффициентов неупругости K_{\pm} (без "лидирующей" частицы) от атомного номера ядра-мишени; если эту зависимость представить в виде $K_{\pm} \sim A^{\alpha}$, то $\alpha = 0,05 \pm 0,01$;

г) энергетические спектры медленных протонов и α -частиц ($E \leq 26$ МэВ по протонам), в особенности мягкая часть спектров (подбарьерная), не описываются имеющимися теоретическими моделями.

3. Впервые обнаружено и изучено полное разрушение ядер свинца под действием быстрых протонов и α -частиц. При этом установлено, что ядра распадаются преимущественно на отдельные нуклоны и половина ядерного вещества выбрасывается из ядер в виде g -частиц.

4. Исследовано явление полного разрушения тяжелых ядер эмульсии (Ag, Br) и ядер Рв под действием протонов и ядер He^4 и C^{12} .

Установлено, что:

а) вероятность полного разрушения ядер Ag, Br при переходе от налетающего протона к ядрам C^{12} растет примерно в 5 раз, в то время как в большом интервале энергий первичного протона (9 + 200 ГэВ) в пределах ошибок остается постоянной;

б) с увеличением массы налетающей частицы наблюдается обильная направленность вперед (в лаб. системе) g -частиц и появление направленности β -частиц.

5. Обнаружено подобие энергетических и угловых распределений и близость значений средних энергий медленных протонов и

α -частиц при взаимодействии быстрых протонов, дейтронов и α -частиц с ядрами Ag, Br в случае полного разрушения ядра и при средних взаимодействиях. Это указывает на аналогию в механизмах взаимодействия быстрых протонов и легких ядер с ядрами при различных параметрах удара (при полном разрушении и в случае средних взаимодействий).

Основные результаты диссертации опубликованы в работах /I-II/ и были доложены на международных конференциях по физике высоких энергий (Лондон, 1974; Тбилиси, 1976 г.), Международной конференции по космическим лучам (Пловдив, 1977), Всесоюзном семинаре АН СССР "Ядра с необычными свойствами и проблема скатия ядерного вещества" (Звенигород, 1976), а также на многочисленных семинарах ЛВЭ ОИЯИ, ФИАН СССР, ТГУ (Душанбе), (1973-77 гг.).

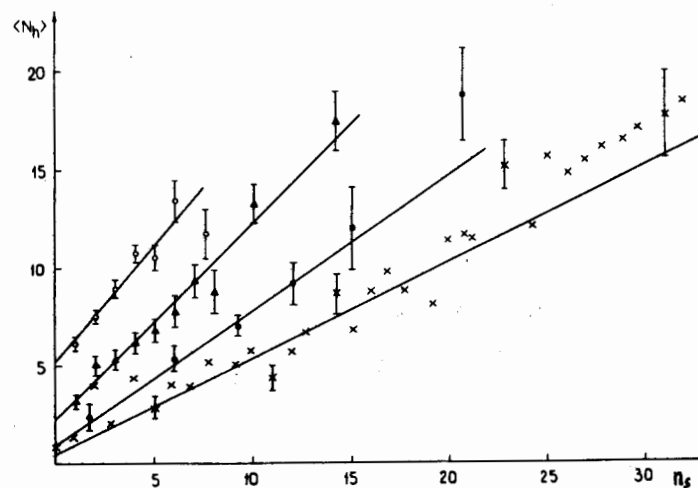


Рис. 1. Зависимость $\langle N_h \rangle$ от n_s для различных энергий налетающего протона (\circ - 6,2 ГэВ; \bullet - 22,5 ГэВ; \bullet - 70 ГэВ, наши данные; \times - 200 ГэВ).

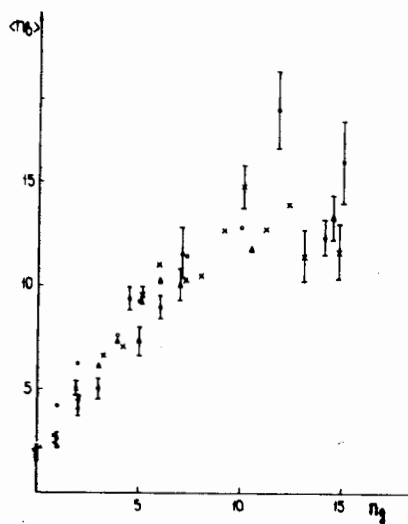


Рис. 2. Зависимость $\langle n_e \rangle$ от n_g . Обозначение те же, что на рис. 1.

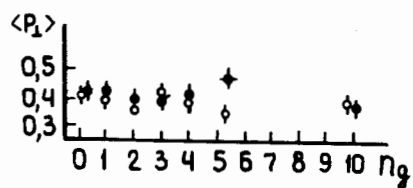


Рис. 3. Зависимость $\langle P_1 \rangle$ Π^\pm -мезонов от n_g в ПГ-соударениях при $P_0 = 50$ ГэВ/с (\circ - Π^- , \bullet - Π^+).

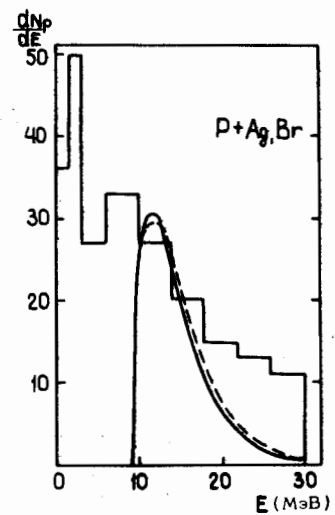


Рис. 4. Энергетический спектр медленных протонов.

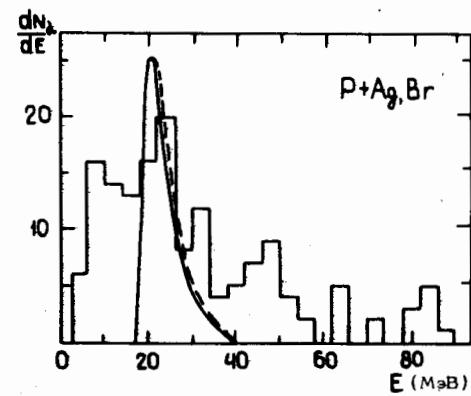


Рис. 5. Энергетический спектр медленных Δ -частиц.

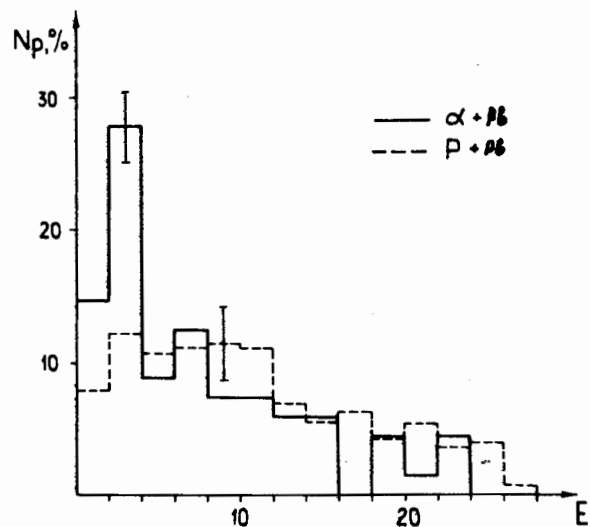


Рис. 6. Энергетический спектр медленных протонов в $P + P_v$ - и $d + P_v$ - столкновениях.

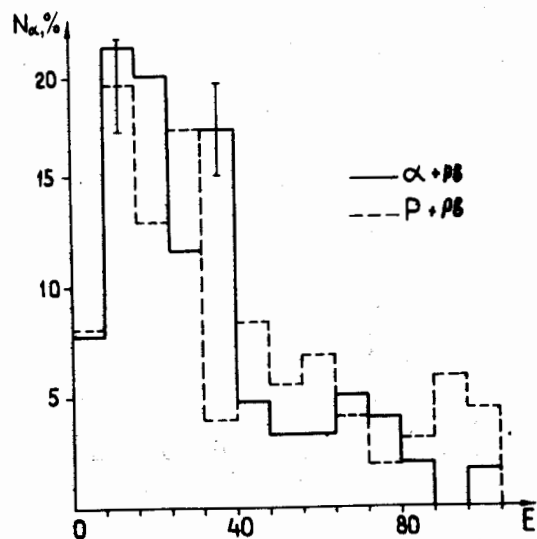


Рис. 7. Энергетический спектр медленных d -частиц в $P + P_v$ - и $d + P_v$ - столкновениях.

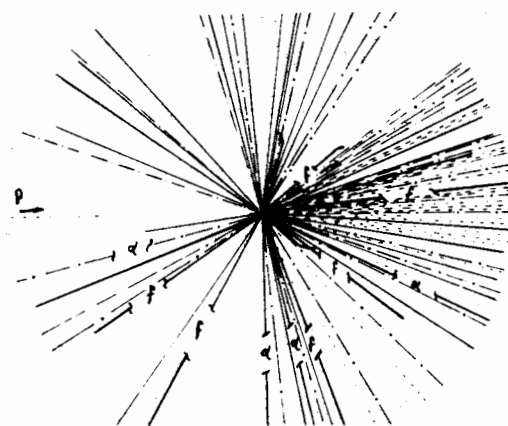


Рис. 8. Звезда с $N_h = 66$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Х.М.Абдо,... Дж.А.Саломов и др. ОИЯИ, Р1-7217, Дубна, 1973.
2. Kh.M.Abdo,..., J.A.Salomov e.a. JINR, E1-8021, Dubna, 1974.
3. Н.Далхажав,... Дж.А.Саломов и др. ЯФ, т.23, вып.6, 1976.
4. В.Г.Воннов,... Дж.А.Саломов и др. Препринт ФИАН СССР, № 106, 1976.

5. Дж.А.Саломов и др. ОИЯИ, РІ-9217, Дубна, 1975.
6. В.Г.Воинов,... Дж.А.Саломов и др. Письма в ЖЭТФ, т. 22, вып. I, 1975.
7. В.Г.Воинов,... Дж.А.Саломов и др. Препринт ФИАН СССР, № 159, 1976.
8. О.Ахроров,... Дж.А.Саломов и др. ОИЯИ, РІ-9963, Дубна, 1976.
9. Б.П.Банник,... Дж.А.Саломов и др. ОИЯИ, РІ-10762, Дубна, 1977.
10. Дж.А.Саломов и др. ОИЯИ, РІ-10724, Дубна, 1977.
- II. M.I.Adamovich,... J.A.Salomon e.a. JINR, E1-10838, Dubna, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
31 октября 1977 года.