

9364

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗУЗел
Б-786

12/14 76

P1 - 9364

1306/2-76

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
НЕУПРУГИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ α -ЧАСТИЦ
С ИМПУЛЬСОМ 17 ГЭВ/С
С ГРУППАМИ ЯДЕР (С, О) И (Ag, Br)

Сотрудничество: Варшава - Дубна - Кошице - Ленинград -
Москва - Ташкент - Улан-Батор

1975

P1 - 9364

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
НЕУПРУГИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ α -ЧАСТИЦ
С ИМПУЛЬСОМ 17 ГЭВ/С
С ГРУППАМИ ЯДЕР (С, О) И (Ag, Br)

Сотрудничество: Варшава - Дубна - Кошице - Ленинград -
Москва - Ташкент - Улан-Батор *

* Перечень авторов см. на обороте.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Л.Н.Бокова, К.Д.Толстов, Г.С.Шабратова
Объединенный институт ядерных исследований

Э.Скжипчак, А.Яхоловска
Варшавский университет

М.Карабова, Э.Силеш
Университет им. Шафарика, Кошице, ЧССР

Б.В.Губинский, В.И.Остроумов
Ленинградский политехнический институт им.М.И.Калинина

В.Г.Богданов, Н.А.Перфилов, В.А.Плющев, З.И.Соловьева
Радиевый институт им. В.Г.Хлопина, Ленинград

М.И.Адамович, В.Г.Ларионова, С.П.Харламов
Физический институт АН СССР им. П.Н.Лебедева, Москва

Е.С.Басова, К.Г.Гуламов, У.Г.Гулямов, Ш.Насыров,
Г.М.Чернов
Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент

Н.Далхажав
Институт физики и техники, Улан-Батор

В нашей предыдущей работе^{/1/} сообщались результаты исследований взаимодействия α -частиц с импульсом 17 ГэВ/с, ускоренных на синхрофазотроне ОИЯИ, с ядрами фотоэмульсии, включающие общие характеристики взаимодействия и данные по сечениям неупругих взаимодействий.

В настоящем сообщении приводятся данные, полученные на фотоэмульсии, обогащенной легкими ядрами. Их использование совместно с предыдущими^{/1/} позволило исследовать характеристики взаимодействий на группах ядер С, О и Ag, Вг.

Экспериментальный материал состоял из 4028 неупругих взаимодействий в эмульсии стандартного состава и 2791 неупругого взаимодействия в эмульсиях с наполнителями.

Исследовались сечения, множественности и угловые характеристики на группах легких и тяжелых ядер.

Кроме того, изучались события с вылетом релятивистских однозарядных /события А-1/ и двухзарядных /события А-2/ частиц под углом $\leq 3^\circ$ к первичной /см. табл. 1/.

1. Полные сечения неупругих взаимодействий

Для определения сечений неупругого взаимодействия с группами ядер использовались эмульсии стандартного состава: БР-2 /эмульсия I/ и обогащенные легкими ядрами БР-2, пропитанная водным раствором глюкозы,

Таблица I

Тип эмульсии	Кэфф. увел. объема	Число сооб-тий	Средний пробег	Число ядер в см ³ x 10 ²²						
				λ	Ag	Br	H	C	N	O
I	1	4028	19,5±0,3	1,036	1,031	3,15	1,41	0,395	0,956	
II	2,68	1028	28,0±1,0	0,387	0,385	5,23	1,29	0,147	2,38	
III	2,30	1763	26,3±0,6	0,450	0,45	5,12	1,51	0,172	1,99	
				Раствор глюкозы	6,46	1,2	-	3,22		
				Раствор глицерина	6,63	1,6	-	2,78		

50% по весу /эмульсия II / и БР-2, пропитанная водным раствором глицерина, 70% по весу / эмульсия III/. Результаты наблюдений, ядерный состав эмульсий и наполнителей, коэффициенты увеличения объема эмульсий при пропитывании даны в табл. I. Используя процедуру, описанную в /1/, получаем следующие сечения:

$$\begin{aligned}\sigma_C &= /410 \pm 25/ \text{ мб,} \\ \sigma_O &= /500 \pm 30/ \text{ мб,} \\ \sigma_{Br} &= /1570 \pm 60/ \text{ мб,} \\ \sigma_{Ag} &= /1910 \pm 70/ \text{ мб.}\end{aligned}$$

/Ошибки чисто статистические/.

2. Множественности заряженных частиц

На рис. I приводится матрица множественности n_S/N_h для эмульсии с одним из наполнителей /глицерин/. Аналогичная матрица для эмульсии обычного состава приводилась ранее /1/.

Применяя разностную процедуру, описанную в приложении, мы получили распределения по N_h и n_S для групп легких и тяжелых ядер /рис. 2,3/. Средние значения множественностей даны в табл. 2.

Зная долю взаимодействий на водороде и полагая, что для него события распределены равномерно по $N_h = 0,1,2$, мы получили распределение по N_h для легких ядер без водорода /эта процедура практически не влияет на форму распределения по N_h для тяжелых ядер/.

Распределение по N_h для легких ядер имеет резкий обрыв при $N_h=6$ и при больших N_h колеблется около нуля, что обусловлено применением разностной процедуры при небольшой статистике.

Наблюдаемую структуру в распределениях по N_h как на легких, так и на тяжелых ядрах, по-видимому, можно объяснить вкладом периферических /в основном $N_h < 3$ / и центральных / $N_h \geq 3$ / столкновений. Распределения по n_S для тяжелых ядер шире чем для легких и имеют большие средние значения /табл. 2/, что может быть связано с большей кратностью взаимодействия α -частицы с ядром-мишенью.

Интересно сравнить зависимости среднего числа рожденных частиц от размера ядра-мишени для протон-ядер-

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	34	41	45	$N_h \Sigma$
0	1	4	2	4	2	2		1							1				27
1	5	4	4	4	1	4				1	1			1	1				26
2	3	1	3	4	1	4	2	0	9	5	3	1	2		1				135
3	2	7	1	2	6	1	1	6	1	0	5	4	4	3	1		1	1	93
4	7	1	1	8	4	1	4	1	7	3	1	1	1	2	3	1	1	3	99
5	1	3	7	3	6	7	7	1	0	2	1	4	2	1	2	1	1	1	76
6	1	2	2	4	5	4	4	1	3		1	1	2	1		1	3	2	40
7	2	1	1	4	4	1	4	2	4	1		1	1	3	2	1	1	1	39
8	1		2	4	3	1	2	1	3	3		1		2		1		1	26
9		1	1	2	2	1	2	2	1		2	1		1	1		1	1	22
10		2		1	1	1	1	1	1	1	1			1	1			1	13
11			1	1									1	1	1	1			6
12				1								1	1						4

N_s 91 74 55 53 73 57 44 19 19 14 9 6 9 7 10 6 6 4 7 3 2 5 4 2 3 7 3 2 1 3 2 2 2 $\Sigma = 606$

Рис. 1. Распределение n_s / N_h для эмульсии, наполненной глицерином.

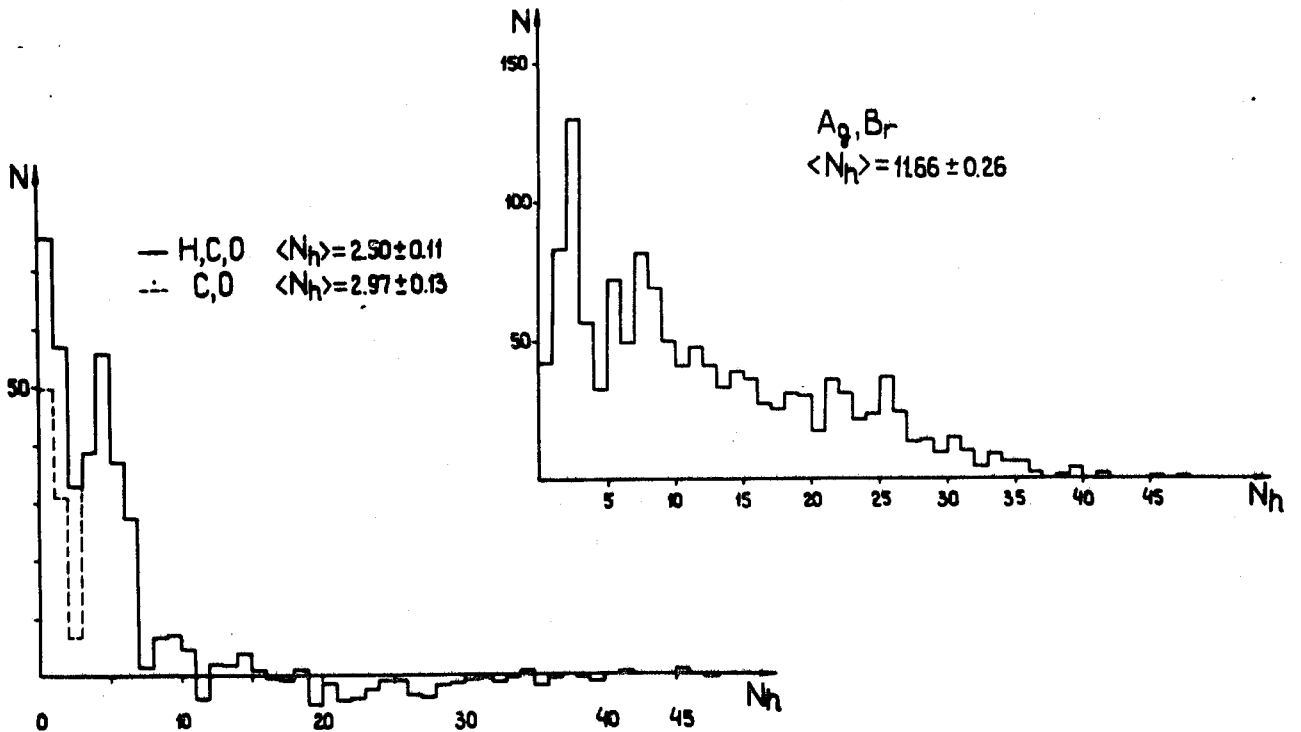
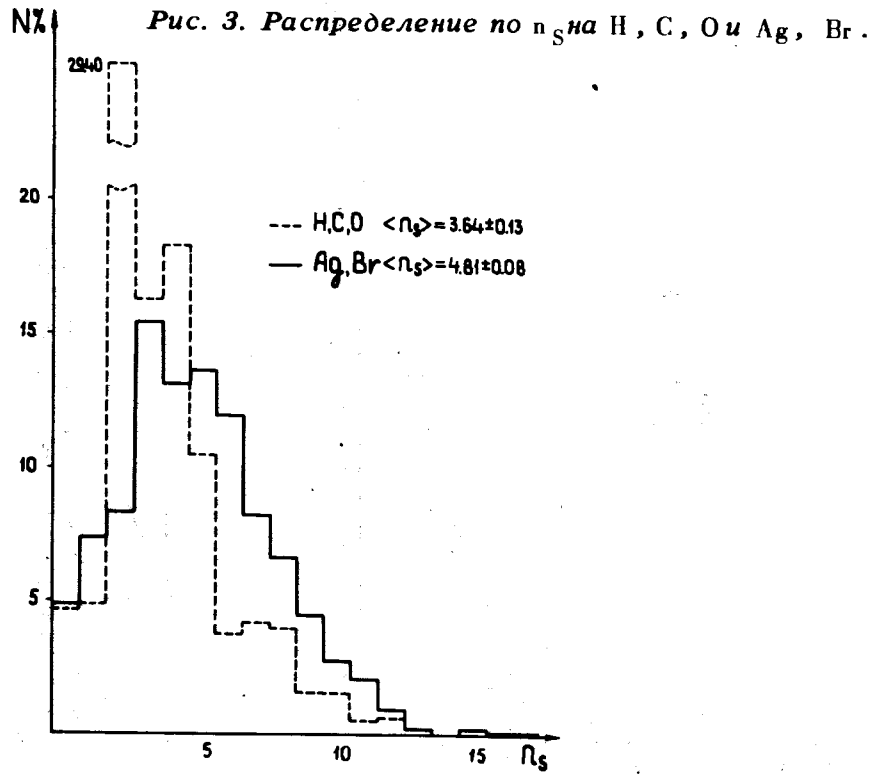


Рис. 2. Распределение по N_h для событий от взаимодействия α -частицы с H, C, O / пунктир - исключение событий на водороде / и Ag, Br.



ных и α -ядерных взаимодействий. Представив эти зависимости в виде степенной зависимости

$$\frac{\langle n_s \rangle_{PA}}{\langle n_{ch} \rangle_{pp}} = A \beta, \quad \frac{\langle n_s \rangle_{\alpha, Ag, Br}}{\langle n_s \rangle_{\alpha, C, O}} = \left(\frac{A_{Ag, Br}}{A_{C, O}} \right) \beta_1$$

сравним показатели степеней β и β_1 . Согласно^{/2,3,4/} $\beta \approx 0,14$. Зная величину $\langle n_s \rangle_{\alpha, H, C, O}$ из табл. 2, долю взаимодействий α -частицы с водородом в наполнителе, оценив $\langle n_s \rangle_{PA} = \langle n_{ch} \rangle_{pp} \cdot (A_{\alpha})^{0,14} = 1,8$, получаем $\langle n_s \rangle_{\alpha, C, O} = 4,2$. Используя полученное значение $\langle n_s \rangle_{\alpha, C, O} = 4,2$ и $\langle n_s \rangle_{\alpha, Ag, Br}$ из табл. 2, находим, что $\beta_1 = 0,07$. Следовательно, свойства ядер, связанные с размножением частиц, в адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях оказываются близкими.

Таблица 3

	А-1		А-2	
	Число соб.	%	Число соб.	%
Эм I	1468 (4028)	36,4	299 (4028)	7,4
Эм II	192 (525)	36,6	58 (564)	10,2
Эм III	679 (1586)	43,0	112 (1580)	7,1

В скобках указано число А - событий, из которых выделялись события данных классов.

3. Угловые распределения вторичных частиц

Для эмульсии стандартной и с наполнителем угловые распределения даны в приложении /рис. 10/, а для легких и тяжелых ядер приведены на рис. 4а, б.

Распределение для S-частиц из легких ядер сильно коллимировано вперед и ограничено углами с $\cos \theta > 0,4$, а в остальной области углов сильно флуктуирует около оси. Распределение для S-частиц из тяжелых ядер имеет заметный вклад углов с $\cos \theta < 0,4$ и может рассматриваться как результат наложения касательного взаимодействия /одинакового для столкновения с легким и тяжелым ядром/ и центрального, с большей кратностью, приводящего к более широкому угловому распределению.

Угловые распределения сильноионизирующих (h) частиц из легких и тяжелых ядер показаны на рис. 4б. Следует отметить довольно сильную коллимацию вперед h-частиц из взаимодействий α -частицы с легкими ядрами /F/V = 7,3 \pm 1,8/.

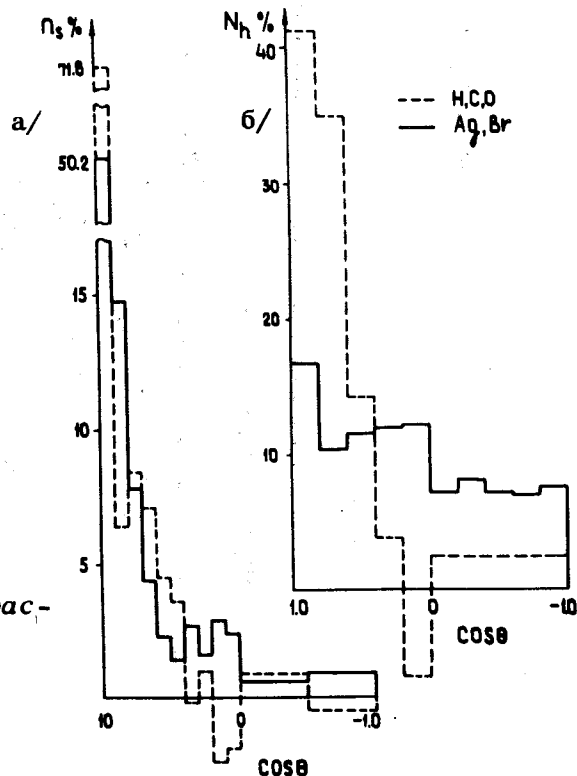
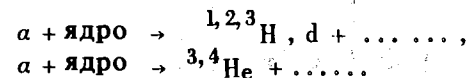


Рис. 4. Угловые распределения
а/ S-частиц,
б/ h-частиц
на группах ядер.

4. События, связанные с фрагментацией α -частицы

В эксперименте выделялись события, содержащие релятивистскую частицу с $Z=1$ /события А-1/ и с $Z=2$ /события А-2/ с углом вылета $\theta_{\text{лаб}} \leq 3^\circ$ /см. табл. 3/. Прямая идентификация этих частиц не проводилась, однако из импульсных распределений и угловых характеристик можно было найти, что фон однозарядных частиц в событиях А-2 пренебрежимо мал, а фон π -мезонов в событиях А-1 составляет $\approx 5-7\%$, поэтому события А-1 и А-2 можно считать в основном инклюзивными реакциями типа



Для определения сечений А-1 и А-2 событий использовались полученные нами сечения неупругого взаимодействия α -частицы с ядрами и доли этих взаимодействий от всего числа неупругих взаимодействия для данной группы ядер. Следует отметить, что доли взаимодействий событий А-1 и А-2 для разных групп ядер близки /иллюстрацией служат данные табл. 3/. При определении эффективного сечения для событий А-1 учитывался π -мезонный фон /7% /ошибки чисто статистические/.

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{C,O}}^{\text{A-1}} &= /203 \pm 52/ \text{ мб}, & \sigma_{\text{Ag,Br}}^{\text{A-1}} &= /570 \pm 160/ \text{ мб}, \\ \sigma_{\text{C,O}}^{\text{A-2}} &= /37 \pm 12/ \text{ мб}, & \sigma_{\text{Ag,Br}}^{\text{A-2}} &= /130 \pm 54/ \text{ мб}. \end{aligned}$$

Угловые распределения для релятивистских частиц с $Z=1$ и $Z=2$ /рис. 5/ указывают на резкую коллимацию частиц вблизи 0° . Отметим, что распределения на легких и тяжелых ядрах мало отличаются друг от друга, что свидетельствует о периферическом характере процессов. Распределения по N_h /рис. 6/ для событий А-1 на тяжелых ядрах шире, чем для А-2, что указывает на большее число взаимодействующих с ядром нуклонов α -частицы.

В случае взаимодействий на легких ядрах /рис. 6/ средние значения $\langle N_h \rangle$ для событий А-1 и А-2 в пределах ошибок не различаются /с учетом того, что двухзарядная релятивистская частица из А-2 входит в число h-частиц/.

Таблица 2.

	А - события		А-1		А-2		"Фрагмент"		"Центр"		
	H,C,O	C,O	Ag,Br	H,C,O	Ag,Br	H,C,O	Ag,Br	H,C,O	Ag,Br	H,C,O	Ag,Br
$\langle n_s \rangle$	3,64		4,81	3,55	3,94	0,75	1,38	3,20	3,50	4,17	5,78
	$\pm 0,13$		$\pm 0,08$	$\pm 0,10$	$\pm 0,06$	$\pm 0,16$	$\pm 0,10$	$\pm 0,16$	$\pm 0,09$	$\pm 0,19$	$\pm 0,10$
$\langle n_h \rangle$	2,50	2,97	11,66	2,04	7,40	2,97	4,51	2,17	6,88	2,89	15,32
	$\pm 0,11$	$\pm 0,13$	$\pm 0,26$	$\pm 0,09$	$\pm 0,19$	$\pm 0,16$	$\pm 0,29$	$\pm 0,14$	$\pm 0,26$	$\pm 0,18$	$\pm 0,35$

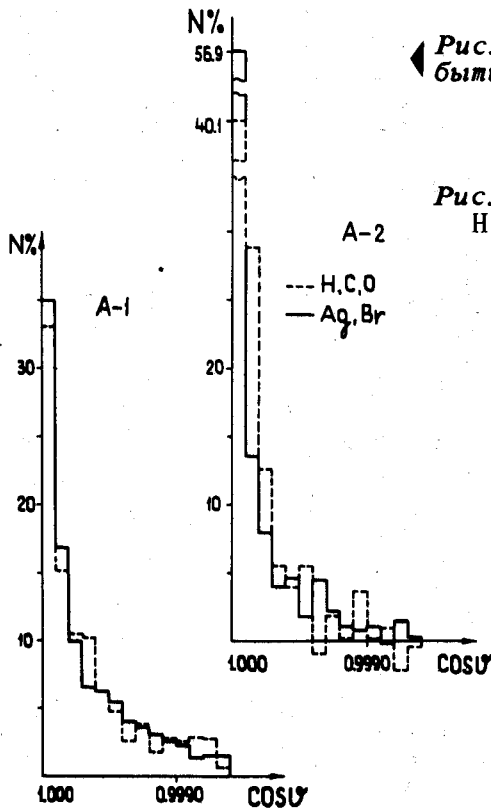
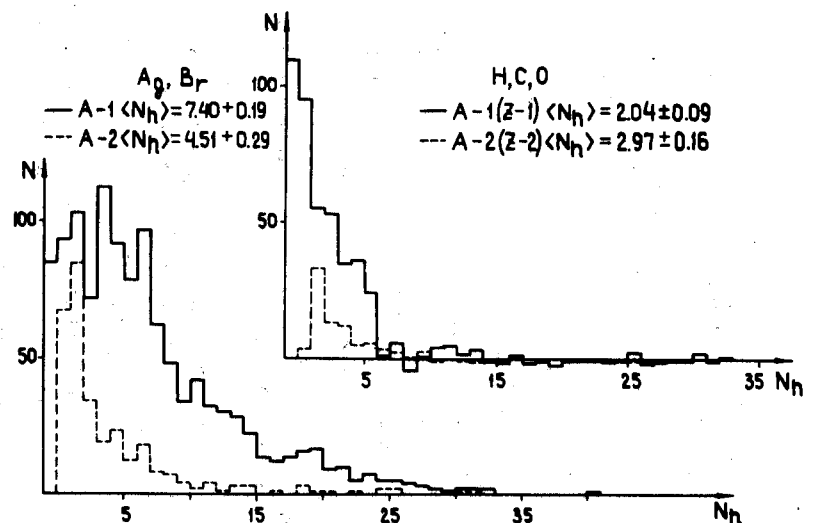


Рис. 5. Угловое распределение для А-1 и А-2 событий на группах ядер.

Рис. 6. Распределение по N_h для А-1 и А-2 событий на H, C, O и Ag, Br.

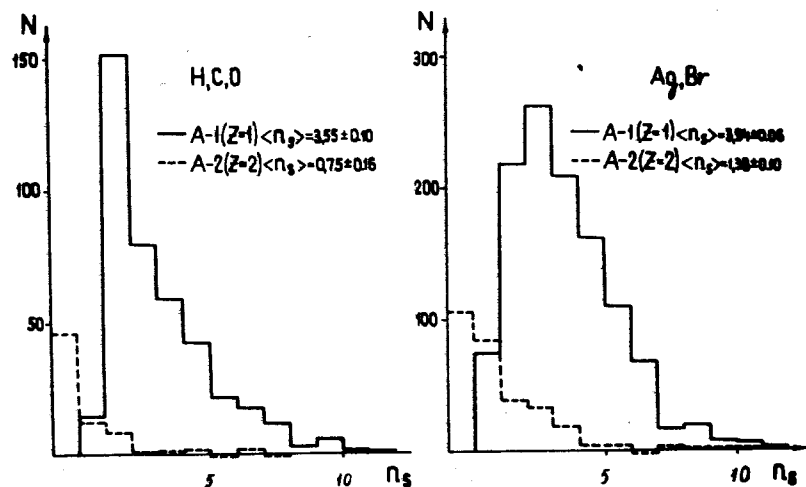


Рис. 7. Распределение по n_s для A-1 и A-2 событий на H, C, O и Ag, Br.

Распределения по n_s представлены на рис. 7, причем в событиях A-1 в число n_s включена фрагментационная частица с $Z=1$. Распределения оказались более широкими, с одной стороны, для событий на тяжелых ядрах и, с другой стороны, - для событий A-1, что опять указывает на существенную роль кратных взаимодействий α -частицы с ядром.

Распределения по множественности h - и S -частиц во фрагментационных "периферических" событиях можно исключить из распределений для всех неупругих взаимодействий и получить характеристики процесса "центрального" взаимодействия /см. рис. 8, 9 и табл. 2/.

Отметим, что в полученных распределениях имеется вклад фрагментационных событий типа



Средние характеристики $\langle N_h \rangle$ и $\langle n_s \rangle$ для "центральных" взаимодействий больше аналогичных характеристик для фрагментационных /"периферических"/ событий, а распределения по N_h и n_s шире. Причем разница между характеристиками "центральных" и "периферических" взаимодействий возрастает при переходе от легких ядер к тяжелым.

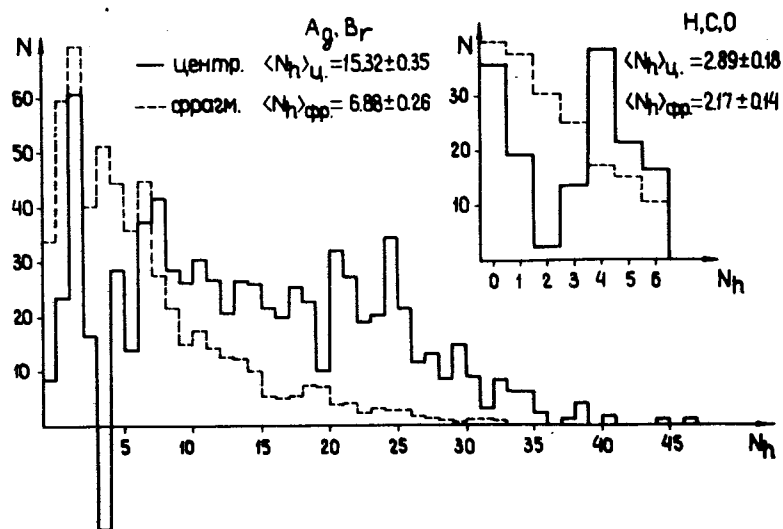


Рис. 8. Распределение "центральных" и "периферических" взаимодействий по h -частицам на группах ядер.

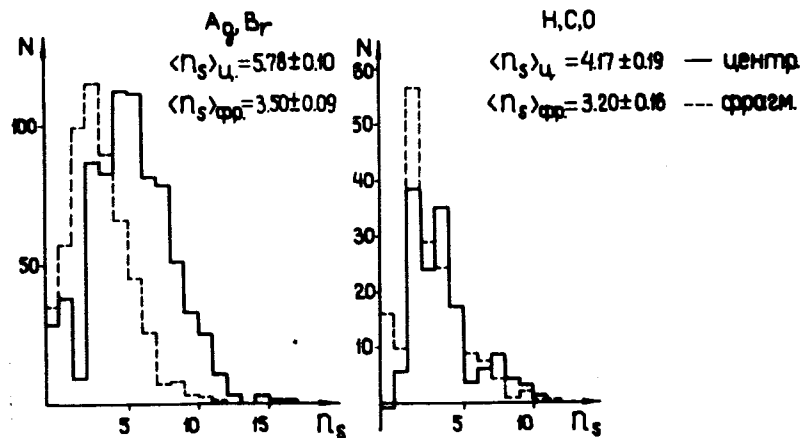


Рис. 9. Распределение "центральных" и "периферических" взаимодействий по S -частицам на группах ядер.

5. Основные результаты

1. Уточнены /по сравнению с /1/ / сечения неупругого взаимодействия α -частиц с легкими / C, O / и тяжелыми / Ag, Br / ядрами. Получены сечения для фрагментационных процессов А-1 и А-2 на легких и тяжелых ядрах.

2. Для легких и тяжелых ядер найдены средние значения ливневых $\langle n_S \rangle$ и сильноионизирующих $\langle N_h \rangle$ частиц, получены распределения по множественности и угловые распределения S- и h-частиц. Проведено разделение периферических взаимодействий фрагментационного типа и "центральных" взаимодействий. Получены их характеристики для групп ядер.

3. Показано, что свойства ядер, связанные с размножением частиц, в адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях близки.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Процедура, применяемая при получении отдельных распределений некоторых характеристик для групп ядер.

1. Для получения распределений какой-либо характеристики на ядрах наполнителя из распределения этой характеристики, полученного на эмульсии с наполнителем, вычиталось распределение для обычной эмульсии, деленное на коэффициент K, учитывающий увеличение объема эмульсии при наполнении и нормировку на одинаковую длину просмотра

$$K = K^H \frac{L^I}{L^H} = K^H \frac{\lambda^I \cdot N^I}{\lambda^H N^H} .$$

Здесь K^H - множитель, равный увеличению объема эмульсии с наполнителем. L^I и L^H - полная длина, на которой отбирались события определенного класса, для которых изучается данная характеристика.

В нашей работе эта процедура применялась к угловым распределениям вторичных частиц $N(\cos \theta)$ и к распределениям по множественности n_S / N_h .

2. Для получения таких же распределений для неупругих взаимодействий на ядрах Ag, Br, зная состав стандарт-

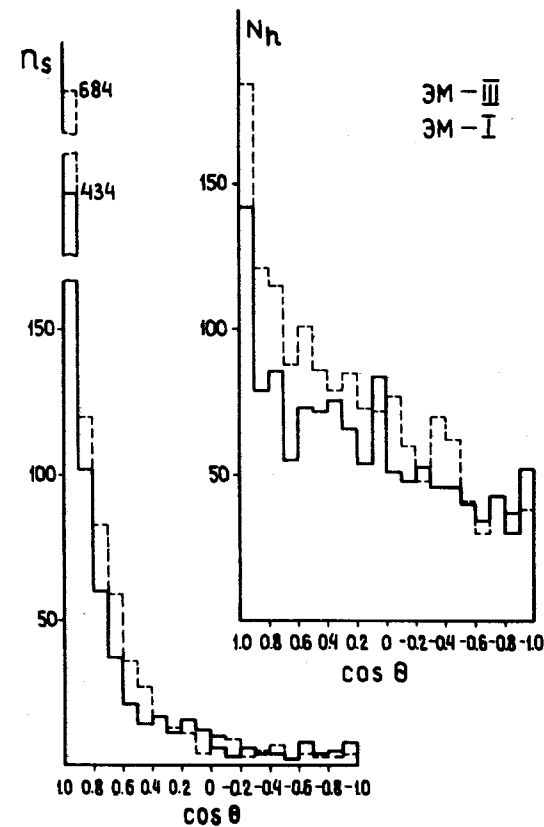


Рис. 10. Угловое распределение S- и h-частиц для обычной и загруженной глицерином эмульсий.

ной фотоэмульсии и сечения неупругого взаимодействия α -частиц на ядрах, находим, что 31% таких событий происходит на ядрах желатин.

Из распределений по N_h для легких ядер /рис. 2, 6/ видно, что события с $N_h \geq 7$ составляют пренебрежимо малую долю и поэтому в дальнейшей процедуре не используются. Это позволяет нормировать распределение для легких ядер на число событий в желатине и вычесть его из полного распределения; полученные таким образом распределения на тяжелых ядрах для эмульсии стандартного состава и эмульсии с наполнителями суммировались,

проекции их по n_S и N_h и угловые распределения представлены на соответствующих рисунках.

3. Чтобы получить распределения для событий с испусканием частиц с $Z=1$ и $Z=2$ под углом $\leq 3^\circ$ к падающей α -частице /А-1/ и /А-2/, считаем отношение числа таких взаимодействий на ядрах желатины и наполнителя таким же, как и известное уже нам отношение для неупругих взаимодействий. Это позволяет по числу событий, входящих в разностное распределение для наполнителя, определить число взаимодействий на желатине и в дальнейшем действовать, как в п. 2.

Литература

1. Сотрудничество: Варшава - Дубна - Гатчина - Кошице - Ленинград - Москва - Ташкент. Сообщение ОИЯИ, P1-8313, Дубна, 1974.
2. K.M. Abdo et al. Communications of JINR, E1-8021, Dubna, 1974.
3. Alma-Ata - Leningrad - Moscow - Tashkent - Collaboration. Prepr. FIAN No. 9, Moscow, 1975.
4. BBBLLMNOPRSV - Collaboration. Phys.Lett., 48B, 467 (1974).

Рукопись поступила в издательский отдел
4 декабря 1975 года.