

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО МНОЖЕСТВЕННОМУ
РОЖДЕНИЮ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ ЯДЕР
 $^{12}\text{C}+\text{C}$, $^{19}\text{F}+\text{Mg}$ И $^{24}\text{Mg}+\text{Mg}$ ПРИ $E = 3,7$ ГэВ НА НУКЛОН**

М.Х.Аникина, А.У.Абдурахимов, С.А.Авраменко,
В.Д.Аксиненко, Г.Л.Варденга, Н.С.Глаголева,
А.И.Голохвастов, **А.Г.Грачев**, Е.А.Дементьев, Н.И.Каминский,
Э.В.Козубский, Е.С.Кузнецова, А.А.Кузнецов, Б.А.Кулаков,
Ю.Лукстиньш, О.Ю.Мандрик, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин,
С.В.Мухин, Н.М.Никитюк, Э.О.Оконов, Т.Г.Останевич,
Л.С.Охрименко, В.Б.Радоманов, С.А.Рожнятовская,
В.И.Ряховский, И.С.Саитов, В.А.Степаненко, С.А.Хорозов
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

М.Газдзицкий

Институт экспериментальной физики Варшавского универси-
тета

К.Гаевский, Я.Мирковский, Э.Павловский, А.Пиатковский
Институт радиоэлектроники Варшавского политехнического
института

К.Йовчев

Институт ядерных исследований и ядерной энергетики БАН,
София

Т.Д.Джобава, И.И.Тулиани, Л.В.Чхаидзе
Тбилисский государственный университет

Н.Н.Нургожин, Е.К.Хусаинов

Институт физики высоких энергий АН КазССР, Алма-Ата

Ю.С.Поль, Г.Г.Таран

Физический институт АН СССР, Москва

Приводятся экспериментальные распределения по множест-
венности отрицательно заряженных пионов и числу взаимодейст-
вующих нуклонов в центральных столкновениях $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$, $^{19}\text{F} +$
 $+ ^{24}\text{Mg}$ и $^{24}\text{Mg} + ^{24}\text{Mg}$ при энергии $\sim 3,7$ ГэВ/нуклон. Эксперимен-
тальные данные получены на спектрометре ГИБС со стримерной
камерой в магнитном поле.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Experimental Data on Multiplicities in Central Collisions $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$, $^{19}\text{F} + ^{24}\text{Mg}$, $^{24}\text{Mg} + ^{24}\text{Mg}$ at 3.7 GeV/nucleon

M.Kh.Anikina et al.

The multiplicity distributions of π^- mesons and the number of interacting nucleons in central $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$, $^{19}\text{F} + ^{24}\text{Mg}$ and $^{24}\text{Mg} + ^{24}\text{Mg}$ interactions at energy of ~ 3.7 GeV/nucleon are presented. The experimental data have been obtained using the spectrometer GIBS with a streamer chamber in a magnetic field.

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

1. Введение

Интерес к исследованию центральных ядро-ядерных столкновений связан с возможностью наблюдения предсказываемого в ряде работ перехода ядерного вещества в кварк-глюонную плазму. Как ожидается, такой фазовый переход с наибольшей вероятностью может произойти именно в центральных столкновениях (в дальнейшем ЦС), когда ядру-мишени в среднем передается существенно большая доля энергии снаряда, чем в неупругих столкновениях, и, предположительно, достигаются экстремальные условия больших плотностей и температур^{/1/}.

Цель настоящей статьи — представить полученные на установке ГИБС новые экспериментальные данные по ЦС. Эти данные расширяют диапазон ядер-снарядов, реализованных в наших прежних работах по множественному рождению как в ЦС, так и в неупругих столкновениях. Сводные таблицы и процедура обработки полученных ранее данных представлены в работах^{/2,3/}, итоговый анализ пинообразования — в^{/4/}, выборочный анализ данных по числу провзаимодействовавших протонов — в^{/5-7/}.

В разделе 2 описана методика эксперимента. В разделе 3 изложена процедура обработки и приведены таблицы полученных данных.

2. Экспериментальная установка

Спектрометр ГИБС представляет собой модернизированный вариант установки СКМ-200^{/8,9/}, т.е. спектрометр заряженных частиц на основе стримерной камеры с чувствительным объемом $2 \times 1 \times 0,6 \text{ м}^3$, помещенной в магнитное поле.

В чувствительном объеме камеры размещаются тонкие твердые мишени, в том числе металлические, что позволяет в широком диапазоне атомных весов иметь мишень, содержащую атомы одного химического элемента.

Регистрация изображений треков заряженных частиц в стримерной камере производится с помощью трехобъективной фотографической системы. Среднее значение величины индукции магнитного поля в данном эксперименте составляло 1,0 Т, и может быть увеличено до 1,5 Т. Время памяти камеры — 3-5 мкс, при этом плотность стримеров на следах однозарядных релятивистских частиц составляет $1-2 \text{ см}^{-1}$. Точность измерения координат в камере характеризуется среднеквадратичным разбросом измеренных координат точек относительно фитированной траектории частицы, равным 0,3 мм в пространстве камеры. Точность определения координат вершины взаимодействия в многолучевых событиях внутри твердой мишени вдоль пучка не хуже 1 мм.

Запуск стримерной камеры производится в случае выделения события нужного типа системой сцинтилляционных счетчиков. В данном эксперименте счетчики $S_1 - S_4$ (см. рис. 1) выделяли пучковые частицы, идущие на мишень и имеющие заданный заряд,

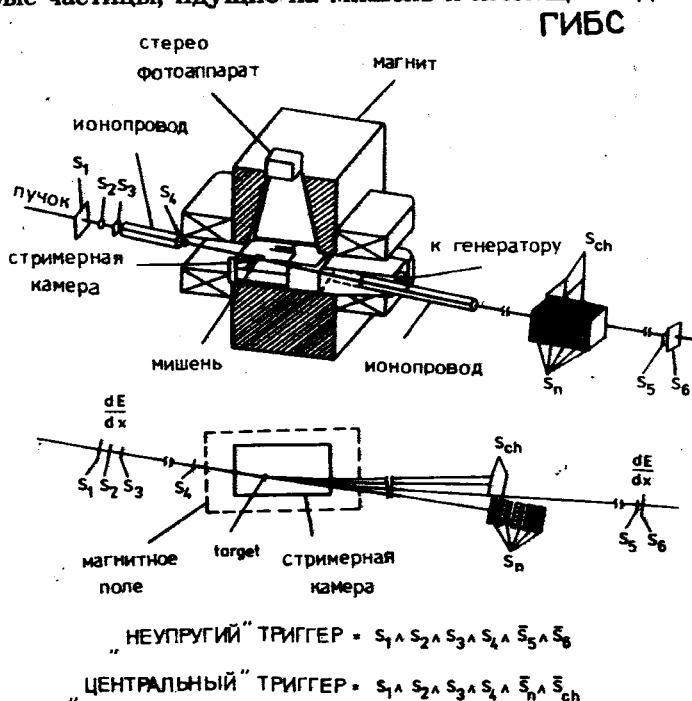


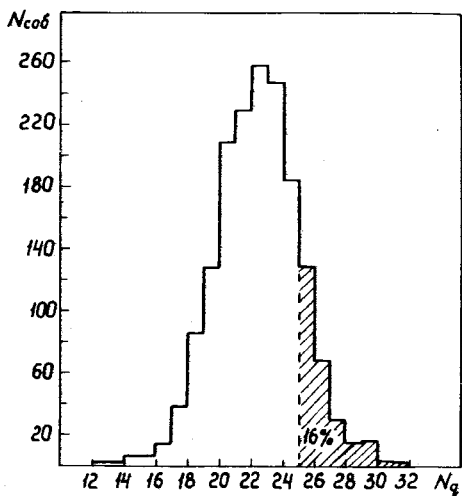
Рис. 1. Экспериментальная установка. Геометрия триггера изображена не в масштабе.

равный заряду выведенных из ускорителя ядер. Счетчики S_{ch} регистрировали вторичные заряженные частицы, вылетающие из мишени с отклонением от направления пучка в пределах $2,4^\circ$. Счетчики S_n регистрировали нейтроны, вылетающие из мишени в том же телесном угле. Они представляют собой телескоп из 5 сцинтилляционных счетчиков, прослоенных железными блоками толщиной 10 см каждый.

Логика "центрального" триггера, указанная на рис.1, соответствует полному выбыванию из пучка нуклонов ядра-снаряда в результате взаимодействия с ядром-мишенью, или, точнее, — запрету на вылет нуклонов-спектраторов ядра-снаряда в пределах углов $\theta_{ch} = \theta_n = 2,4^\circ$. В соответствии с принятой в наших работах системой маркировки критериев отбора ЦС $T(\theta_{ch}, \theta_n)$, где θ_{ch} и θ_n округлены до градуса, данный триггер обозначается $T(2,2)$. В случае MgMg взаимодействий жесткость подавления этим триггером неупругих столкновений при отборе ЦС составляла $4 \cdot 10^{-4}$.

3. Методика обработки и представление данных

Результаты, приводимые в этой работе, получены путем просмотра. Исходный материал составили 1583 СС, 1557 FMg и 2745 MgMg центральных столкновений, полученных при толщинах мишени, сравнимых с длиной ядерного пробега: соответственно $0,992 \text{ г/см}^2$, $1,343 \text{ г/см}^2$ и $1,56 \text{ г/см}^2$. Просмотр пленок производился дважды. В случаях, когда в результатах просмотра обнаруживались расхождения, делался третий просмотр. Эффективность просмотра, определенная как отношение среднего числа частиц по результатам однократного просмотра к среднему числу частиц после третьего просмотра, оказалась равной $0,987 \pm 0,013$. Регистрировались π^- с $P > 50 \text{ МэВ/с}$.



Эффективность просмотра, определенная как отношение среднего числа частиц по результатам однократного просмотра к среднему числу частиц после третьего просмотра, оказалась равной $0,987 \pm 0,013$. Регистрировались π^- с $P > 50 \text{ МэВ/с}$.

Рис.2. Распределение по числу N_q в центральных столкновениях $^{24}\text{Mg} + \text{Mg}$ (см. текст).

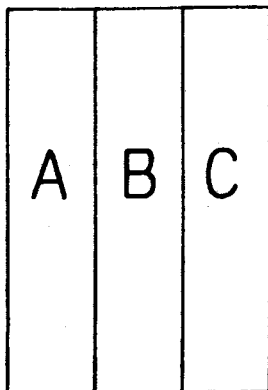


Рис. 3. Разделение мишени на 3 зоны.

На рис.2 представлено распределение по числу $N_q = M - 2n_-$ для MgMg взаимодействий, где M — полное число наблюдаемых заряженных частиц, n_- — число отрицательных пионов. Для данной пары ядер по закону сохранения заряда $N_q \leq 24$. Как видно из рис.2, доля событий с $N_q > 24$ составила 16%, примерно столько же, как и для CC- и FMg-взаимодействий. Этот результат делает необходимым проведение анализа воздействия

толщины мишени на характеристики множественного рождения. Анализ сделан для MgMg-взаимодействий. Мишень была разбита на три равные зоны, как показано на рис.3. Для каждого события были проведены измерения, и по результатам геометрической реконструкции находилась вершина взаимодействия. Полученные характеристики распределений заряженных частиц в зонах А и С представлены в табл.1. Как видно из этой таблицы, различия в средней множественности и в дисперсии из-за эффекта толщины мишени оказались незначительны. Для сведения к минимуму систематических ошибок, обусловленных как повторными взаимодействиями в мишени, так и затрудняющей просмотр экранировкой части события проходящими пучковыми треками, для получения окончательного результата из исходных ансамблей были отобраны события, отвечающие условиям:

- а) $N_q < Z_p + Z_t$;
- б) в камеру входит лишь один пучковый трек.

Таблица.1. Средние значения и дисперсии распределений по множественности полного числа заряженных частиц M и числа π^- -мезонов n_- для центральных столкновений MgMg с вершинами в зонах А и С (см. рис.3).

	А	С
$\langle M \rangle$	$39,9 \pm 0,5$	$39,5 \pm 0,5$
D_M	$5,9 \pm 0,4$	$5,4 \pm 0,4$
$\langle n_- \rangle$	$9,1 \pm 0,2$	$8,6 \pm 0,2$
D_-	$2,6 \pm 0,14$	$2,6 \pm 0,14$

Таблица 2. Характеристики множественного рождения в центральных столкновениях при 3,7 ГэВ/нуклон для исходных (первые строчки) и "очищенных" ансамблей (вторые строчки)

$A_p + A_T$	$\langle n_- \rangle$	D_-	$\langle Q \rangle$	R
$^{12}\text{C} + \text{C}$	$4,17 \pm 0,05$	$1,93 \pm 0,03$	$9,4 \pm 0,2$	$0,45 \pm 0,01$
	$4,2 \pm 0,2$	$1,91 \pm 0,11$	$8,8 \pm 0,5$	$0,47 \pm 0,04$
$^{19}\text{F} + \text{Mg}$	$7,29 \pm 0,06$	$2,50 \pm 0,05$	$16,9 \pm 0,2$	$0,43 \pm 0,01$
	$7,2 \pm 0,4$	$2,44 \pm 0,13$	$16,3 \pm 0,8$	$0,45 \pm 0,03$
$^{24}\text{Mg} + \text{Mg}$	$9,03 \pm 0,05$	$2,68 \pm 0,04$	$20,0 \pm 0,2$	$0,45 \pm 0,01$
	$9,0 \pm 0,5$	$2,62 \pm 0,14$	$19,0 \pm 1$	$0,46 \pm 0,03$

Полученные в результате ансамбли, которые мы будем называть в дальнейшем "очищенными", составили около 70% от исходных.

Характеристики множественного рождения для таких ансамблей представлены в табл.2, где, помимо $\langle n_- \rangle$ и дисперсии распределения по множественности π^- -мезонов D_- , приведены также средние числа проваимодействовавших протонов $\langle Q \rangle$ и отношение $R = \langle n_- \rangle / \langle Q \rangle$. Величина $\langle Q \rangle$ определяется равенством:

$$\langle Q \rangle = \langle M \rangle - 2\langle n_- \rangle - \langle n_s \rangle - \langle n_b \rangle,$$

где $\langle n_s \rangle$ и $\langle n_b \rangle$ — средние числа заряженных стриппинговых частиц A_p и испарительных фрагментов A_T соответственно. Методика определения $\langle Q \rangle$ описана в нашей работе^{/3/}.

В табл.2 для каждой пары ядер в первой строке приведены чисто статистические ошибки. Подробный анализ возможных систематических ошибок, помимо рассмотренных выше, содержится в^{/2,3/}. На основании приведенных в^{/2,3/} расчетов и с учетом данных табл.1 и 2, мы оцениваем суммарную неопределенность, связанную с неучтенным вкладом всей совокупности систематических смещений в 5%. Эта оценка для всех величин в табл.2

Таблица 3. Распределение по множественности π^- -мезонов n_- для "очищенных" ансамблей событий ($M - 2n_- \leq Z_p + Z_t$)

n_-	$^{12}\text{C}+\text{C}$	$^{19}\text{F}+\text{Mg}$	$^{24}\text{Mg}+\text{Mg}$
0	15 ± 4	1 ± 1	
1	52 ± 8	7 ± 3	1 ± 1
2	158 ± 15	16 ± 4	6 ± 2,5
3	205 ± 18	49 ± 8	23 ± 5
4	214 ± 18	102 ± 11	48 ± 7
5	210 ± 18	158 ± 15	96 ± 11
6	123 ± 13	212 ± 18	168 ± 15
7	61 ± 8	187 ± 17	234 ± 19
8	33 ± 6	193 ± 17	278 ± 22
9	21 ± 5	154 ± 15	295 ± 23
10	3 ± 2	104 ± 11	303 ± 23
11	1 ± 1	62 ± 9	208 ± 18
12		40 ± 7	161 ± 15
13		16 ± 4	85 ± 10
14		10 ± 3,5	48 ± 7
15		3 ± 2	28 ± 6
16		1 ± 1	13 ± 4
17			1 ± 1
18		1 ± 1	1 ± 1
19			1 ± 1

включена в полную ошибку наряду со статистической в окончательных результатах, приведенных во вторых строчках. Соответствующие этим окончательным результатам распределения по множественности π^- -мезонов для "очищенных" ансамблей ЦС представлены в табл.3. Здесь также, наряду со статистической, была учтена 5%-я систематическая неопределенность.

4. Заключение

На стримерном спектрометре ГИБС для центральных столкновений $^{12}\text{C} + \text{C}$, $^{19}\text{F} + \text{Mg}$ и $^{24}\text{Mg} + \text{Mg}$ при энергии 3,7 ГэВ на нуклон получены распределения по множественности π^- -мезонов и характеристики этих распределений, а также средние числа провзаимодействовавших протонов обоих ядер и отношения к ним среднего

числа π^- -мезонов. Эти данные, расширяя диапазон ядер-снарядов, использованных ранее в наших работах, существенно дополняют их — в особенности для симметричных систем ($A_P = A_T$), исследуемых во многих теоретических работах. Представленные результаты, наряду с прежними, могут быть использованы для сравнения с предсказаниями различных теоретических моделей. Соответствующий анализ будет опубликован в ближайшее время.

Л и т е р а т у р а

1. Quark Matter Formation and Heavy Ion Collisions, eds. M. Jacob and J. Tran Thanh Van. — Phys. Rep., 88 (1982) 321 и ссылки там же.
2. Anikina M. et al. — JINR, E1-84-785, Dubna, 1984.
3. Аникина М.Х. и др. — ЯФ, 1987, 45, с. 1680.
4. Anikina M. et al. — Phys. Rev., 1986, C33, p. 895.
5. Аникина М.Х. и др. — ЯФ, 1981, 33, с. 1568.
6. Аникина М.Х. и др. — ЯФ, 1983, 38, с. 1480.
7. Аникина М.Х. и др. — ОИЯИ, P1-86-477, Дубна, 1986.
8. Абдурахимов А.У. и др. — ПТЭ, 1978, № 5, с.53.
9. Аникина М.Х. и др. — ЯФ, 1978, 27, с. 724.

Рукопись поступила 12 января 1989 года.