

Э - 534



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-93-306

**Эль-Наги
Ахмед Ахмед**

УДК 539.172.6/8
539.171.017
539.12

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ П-МЕЗОНОВ, ПРОТОНОВ,
ЯДЕР И НЕЙТРИНО С ЯДРАМИ
ФОТОЭМУЛЬСИИ ПРИ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ**

**Специальность: 01.04.16 — физика ядра и элементарных
частиц**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук**

(Диссертация написана на английском языке)

Дубна 1993

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Исследование адрон-нуклонного ($p-N$), адрон-ядерного (pA), ядро-ядерного (AA) и нейтрино-ядерного (νA) взаимодействий важно для понимания природы процесса взаимодействия.

Множественное рождение частиц в pA столкновениях при высоких энергиях может послужить чувствительным тестом механизма множественного рождения в pN столкновениях. Можно использовать ядро, как анализатор пространственно-временной структуры процесса множественного рождения и провести разделение между различными теоретическими моделями элементарного акта. Изучение pA столкновений дает возможность также исследовать механизмы возбуждения ядра и дезинтеграции (фрагментации).

Преобладающий интерес при исследовании AA столкновений в области высоких энергий представляет поиск новых явлений или состояний, которые не могут иметь место в pN или в pA реакциях. Например, состояния со столь высокими плотностью вещества, давлением и температурой, что они не могут быть достигнуты в отдельных pN столкновениях. Из квантовой хромодинамики следует, что при температуре выше критической, около 250 МэВ, ядерная материя реализуется в форме кварк-глюонной плазмы с плотностью энергии $\epsilon \gtrsim 1-3 \text{ ГэВ/фм}^3$. Такие условия могут быть достигнуты в центральных AA столкновениях при высокой энергии.

Изучение множественности, углового и энергетического распределений и корреляций между ними в AA столкновениях проясняют ситуацию при отсутствии реалистичной картины взаимодействия. Такое исследование, к примеру, позволит сделать выбор между "когерентной" моделью, в которой множественное рождение происходит через проме-

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований и в физическом отделе Каирского Университета.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
профессор

Смирнитский Владимир
Александрович

доктор физико-математических наук
профессор

Батусов Юрий
Александрович

доктор физико-математических наук
профессор

Алгирей Леонид
Степанович

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Физический институт РАН им. П.Н.Лебедева, г. Москва

Защита диссертации состоится " _____ " 1993 года
в " _____ " часов на заседании специализированного совета Д-047.01.02 при
Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований, г.Дубна,
Московской области. Лаборатория высоких энергий.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан " _____ " 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

И.Ф.Лихачев

И.Ф.Лихачев

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

возбужденную ядерную систему при определенной температуре противоречат эксперименту. Это результат очень важен при критической оценке моделей.

Результаты изучения фрагментации ядер оказываются полезны в применении к физике космических лучей при исследовании состава космических лучей и их каскада в атмосфере [10, 12, 14, 17].

При исследовании эффекта бокового потока ядерного вещества в столкновениях ядер впервые обращено внимание на существование дополнительных методических возможностей, связанных с определением плоскости реакции столкновения. Показано, что боковые эффекты сильнее выражены в плоскости реакции [16, 18].

Сам факт наблюдения эффекта бокового потока побуждает думать, что аналогичный эффект должен иметь место вообще при столкновении макросистем, имеющих какую-либо микроструктуру.

При изучении кольцеобразных событий в центральных столкновениях ядер впервые были представлены статистически значимые и надежные результаты наблюдения черенковских адронных ливней [19, 20].

Апробация работы

Основные результаты диссертации были опубликованы в сообщениях ОИЯИ, препринтах ICTP и INFN (Италия), в научных журналах разных стран (России, Египта, Англии, Германии, Италии, Японии, США), в докладах на международных конференциях и семинарах.

Публикации

Положенные в основу диссертации работы были опубликованы в [1-20]. Диссертация состоит из Введения, трех глав, Обсуждения, Выводов и Заключения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В первой главе описывается исследование адрон-нуклонных и адрон-ядерных взаимодействий.

Вторая глава включает различные аспекты ядро-ядро столкновений.

В третьей главе исследуются ν -ядро взаимодействия. Далее следует обсуждение результатов, выводы и заключение.

В первой главе представлены экспериментальные данные двух экспериментов на Серпуховском ускорителе (г. Протвино): взаимодействие 69 ГэВ/с протонов с ядрами фотозумьсии и взаимодействие 50 ГэВ/с P^- -мезонов с ядрами фотозумьсии, помещенной в сильное магнитное поле. Изучаются и анализируются различные характеристики взаимодействий в зависимости от типа и энергии налетающей частицы. Средний свободный пробег до неупругого взаимодействия λ_{in} оказался одинаковым для пионов и протонов и независимым от энергии. Средняя множественность заряженных вторичных частиц $\langle n_{ch} \rangle$ для нуклон-нуклонных взаимодействий зависит от энергии s в системе центра масс в виде

$$\langle n_{ch} \rangle = a + b \ln s + c \ln^2 s$$

Нормированная множественность $R = \langle n_s \rangle / \langle n_{ch} \rangle$, где $\langle n_s \rangle$ - средняя множественность в n_A взаимодействии, медленно возрастает с энергией и достигает постоянной величины около 69 ГэВ/с. Дисперсия множественности медленных частиц в n_A взаимодействии $D = (\langle n_s^2 \rangle - \langle n_s \rangle^2)^{1/2}$ обнаруживает линейный рост с $\langle n_s \rangle$, так же, как в PP столкновениях. В n_s - распределение n_A взаимодействий проявляется KNO - скейлинг (Рис. 1).

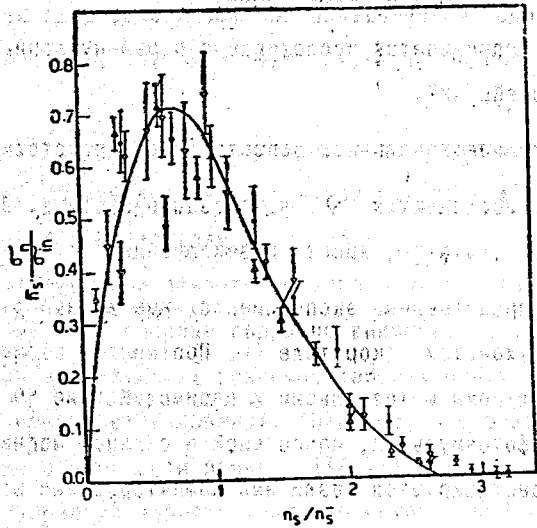


Рис. 1 $\frac{\bar{n}_s}{\bar{n}_s^0}$ в зависимости от n_s/\bar{n}_s для взаимодействия протонов с фотозмульсией при импульсах 6; 8,4; 27 и 69 ГэВ/с. Сплошная линия проведена согласно KNO - скейлингу.

Угловые распределения при различной множественности для pp, pp и pN столкновений показывают, что асимметрия в направлении вперед уменьшается с ростом множественности.

Изучение испускания фрагментов ${}^8\text{Li}$ при столкновении протонов с ядрами фотозмульсии Ag (Br) показало, что выход фрагментов ${}^8\text{Li}$ составляет 1,2%, при этом асимметрия в угловом распределении в направлении вперед не может быть объяснена движением остаточного ядра. Распределения множественности ливневых n_s и серых n_g частиц при взаимодействии p с ядрами Ag (Br) имеют вид: $\langle n_s \rangle = \text{const} \cdot A_T^{0.11}$ $\langle n_g \rangle = \text{const} \cdot A_T^{0.62}$.

Изучение P^- и P^+ взаимодействий дало ряд экспериментальных

результатов: распределение продольной быстроты Y вторичных частиц сильно асимметрично (Рис. 2). Сдвиг спектра более заметен в области фрагментации мишени. Найдено, что ширина Y - распределения приблизительно не зависит от числа медленных частиц, которое обычно используется, как мера числа внутриядерных столкновений, причем как для P^- так и P^+ -мезонов. Эффект лидирующей частицы усиливается по мере роста отношения числа вторичных P^- -мезонов к числу P^+ -мезонов.

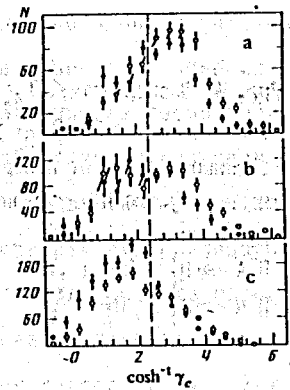


Рис. 2 Распределения по продольной скорости Y для P^- (светлые кружки) мезонов из P^- -N (a) и P^- -A-взаимодействий с $N_h \leq 6$ (b) и $N_h \geq 7$ (c).

При изучении ассоциативной множественности взаимодействий 50 ГэВ/с P^- -мезонов с ядрами фотозмульсии рассматривались сред-

ние множественности $\langle n_{\pi_2^\pm} \rangle$ вторичных частиц в инклюзивных реакциях.

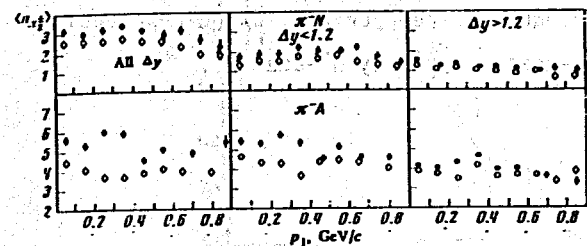
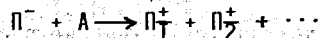
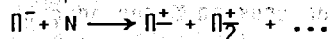


Рис. 3 Зависимости $\langle n_{\pi_2^\pm} \rangle$ (светлые кружки) и

$\langle n_{\pi_2^\pm} \rangle$ (темные кружки) от поперечного импульса π_1^- -мезона в реакциях $\pi^- A \rightarrow \pi_1^- + \pi_2^+ + \dots$ и $\pi^- N \rightarrow \pi_1^- + \pi_2^+ + \dots$

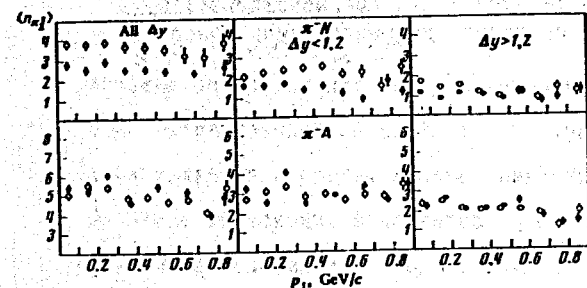


Рис. 4 Зависимости $\langle n_{\pi_2^\pm} \rangle$ (светлые кружки) и $\langle n_{\pi_2^\pm} \rangle$ (темные кружки) от поперечного импульса π_1^+ -мезона

в реакциях $\pi^- A \rightarrow \pi_1^+ + \pi_2^+ + \dots$ и $\pi^- N \rightarrow \pi_1^+ + \pi_2^+ + \dots$

На Рис. 3 и Рис. 4 показаны зависимости средних множественностей $\langle n_{\pi_2^-} \rangle$ и $\langle n_{\pi_2^+} \rangle$ от поперечного импульса инклюзивного π_1^- -мезона (Рис. 3) и π_1^+ -мезона (Рис. 4). Рассмотрение данных в интервалах быстрот $\Delta y < 1,2$ и $\Delta y > 1,2$ (Δy - разность

быстрот π_1^- и π_2^-) показывает, что эффект уменьшения $\langle n_{\pi_2^\pm} \rangle$ присущ в основном второму интервалу. Это - указание на дальнедействующий характер корреляций, оно относится как к $\pi^- A$, так и $\pi^- N$ взаимодействиям. Дальнейшее изучение экспериментальных данных показало, что характеристики ассоциативной множественности в элементарном акте схожи с характеристиками в $\pi^- A$ взаимодействии и таким образом противоречат предсказаниям сделанным на основе механизма каскадной модели.

Во второй главе описано исследование ядерных столкновений, проведенное в пучках синхрофазотрона Лаборатории высоких энергий ОИЯИ при импульсах 4,1-4,5 А ГэВ/с. Использовались пучки ядер: H^1 , H^2 , He^3 , He^4 , C^{12} , O^{16} , Ne^{22} , Mg^{24} , Si^{28} . Результаты измерения среднего свободного пробега показали, что сечения взаимодействий ядер в общем не зависят от энергии в области нескольких ГэВ и удовлетворительно объясняются геометрическим сечением с учетом параметров перекрытия, зависящих от размеров сталкивающихся ядер.

Изучение распределений по множественности рождения показало верность суперпозиционной модели. Была разработана оригинальная модель для расчета распределений по множественности, в которой столкновение ядер рассматривается в зависимости от параметра соударения, как суперпозиция отдельных NN столкновений. Сравнение эксперимента и расчета представлено на Рис. 5.

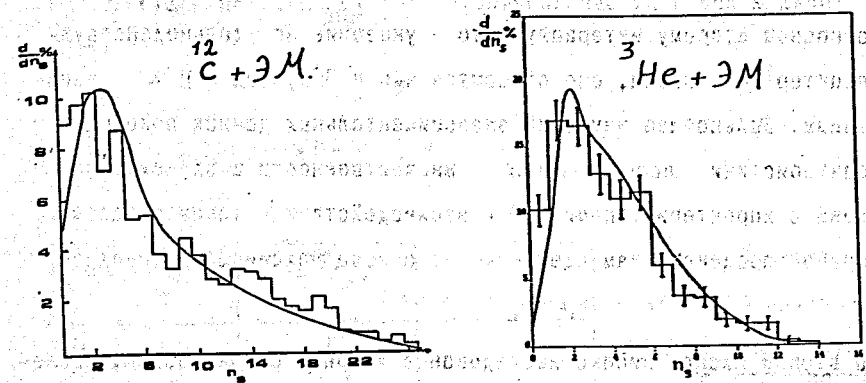


Рис. 5 n_s - распределения. Гистограмма - экспериментальные данные. Кривая - расчет

Распределения по множественности и угловые характеристики взаимодействия ядер C^{12} с ядрами фотоэмульсии хорошо воспроизводятся каскадно-испарительной моделью (см. Рис. 6). В то же время изучение двухчастичных корреляций показало отклонение от привычных представлений о едином распадающемся источнике рожденных вторичных частиц. Кроме того наблюдались корреляции в азимутальной плоскости.

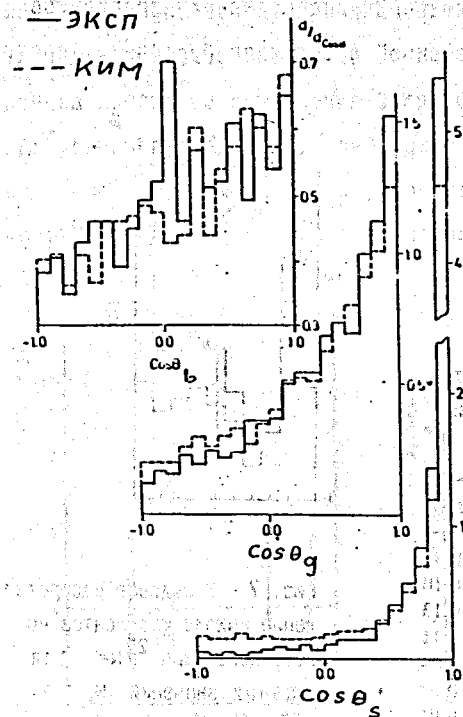


Рис. 6 Угловые распределения вторичных частиц для взаимодействия $^{12}C + EM$ при импульсе 4,5 А ГэВ/с в сравнении с расчетами КИМ.

Фрагментация ядер Ne^{22} , Mg^{24} и Si^{28} изучалась при импульсе 4, $I=4,5$ А ГэВ/с. Каскадно-испарительная модель не воспроизводит характеристики по множественности фрагментов налетающего ядра (см. Таблицу) Форма кривой выхода фрагментов изменяется с жесткостью столкновения, как показано на Рис. 7. Изучение корреляций показало, что форма кривой выхода фрагментов изменяется от U-образной до монотонно убывающей по мере роста жесткости взаимодействия. Механизм

мы, использующие для описания инклюзивных распределений фрагментов единый горячий источник при определенной энергии возбуждения, противоречат результатам анализа эксперимента.

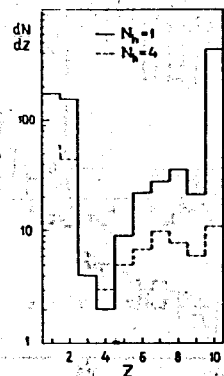


Рис. 7 Зарядовое распределение выхода фрагментов налетающего ядра ^{22}Ne для разных значений N_p .

Таблица. Характеристики по множественности при фрагментации ^{22}Ne в фотозумльсии.

	ЭКСП	КИМ
$\langle n \rangle$	1.30 ± 0.06	1.91 ± 0.09
$\langle n_2 \rangle$	0.96 ± 0.06	1.46 ± 0.10
$\langle n_3 \rangle$	1.41 ± 0.07	2.34 ± 0.13
$\langle n_{z-} \rangle, i=1$	0.99 ± 0.05	1.59 ± 0.11
2	0.81 ± 0.04	0.36 ± 0.04
3	0.02 ± 0.01	0 ± 0
4	0.03 ± 0.01	0.01 ± 0.01
5	0.04 ± 0.01	0.01 ± 0.01
6	0.12 ± 0.01	0.02 ± 0.01
7	0.15 ± 0.01	0.02 ± 0.01
8	0.23 ± 0.02	0.05 ± 0.01
9	0.10 ± 0.01	0.12 ± 0.01
10	0.26 ± 0.02	0.59 ± 0.02

При столкновении ядер C^{12} , Ne^{22} , Mg^{24} и Si^{28} с тяжелыми ядрами фотозумльсии $\text{Ag}(\text{Br})$ исследовался боковой поток ядерного вещества. На Рис. 8 для фрагментов налетающего ядра показана зависимость среднего поперечного импульса $\langle P^* \rangle$, рассчитанного на один нуклон и спроектированного на плоскость реакции в зависимости от угла θ

испускания фрагмента. При некотором угле θ_F величина $\langle P^* \rangle$ достигает максимума. Анализ показал, что угол θ_F растет с уменьшением параметра соударения ядер. Боковой (или азимутальный) поток при угле испускания θ определяется умножением величины $\langle P^* \rangle$ на число частиц (фрагментов), испущенных под углом θ . Его зависимость от угла θ показана на Рис. 9.

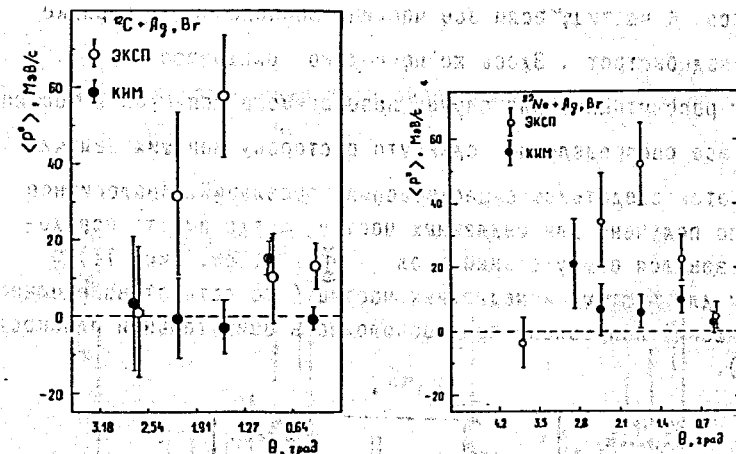


Рис. 8 Распределение $\langle P^* \rangle$ в зависимости от θ фрагментов налетающего ядра, \circ — эксперимент, \bullet — КИМ.

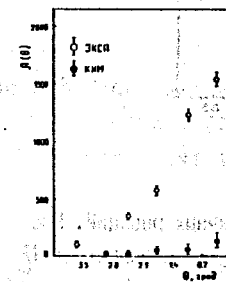


Рис. 9 Азимутальный отскок $A(\theta)$ фрагментов ядра ^{22}Ne , \circ — эксперимент, \bullet — КИМ.

Существование бокового потока при столкновении ядер должно проявиться при измерении корреляции методом быстрых интервалов. Это было сделано при изучении центральных столкновений Ne^{22} и Si^{28} с тяжелыми ядрами фотоэмульсии $Ag(Br)$ с C^{12} , Mg^{24} с Pb при 4,5 А ГэВ/с.

На рис. 10 показано распределение быстрых интервалов $\Delta\eta_{ij}^k$, обозначающих разность псевдобыстрот частиц i и j , когда между ними умещается K частиц, если все частицы расположены в порядке возрастания псевдобыстрот. Здесь же приведено ожидаемое распределение, рассчитанное для случая независимого испускания частиц. Экспериментальное распределение сдвинуто в сторону меньших величин $\Delta\eta$, что является следствием существования корреляций. Аналогичное построение было получено для медленных частиц, когда вместо псевдобыстрот использовался азимутальный угол Φ (см. Рис. II). Боковые потоки для быстрых и медленных частиц (то есть от налетающего ядра и ядра-мишени) направлены противоположно в азимутальной плоскости (см. Рис. 12).

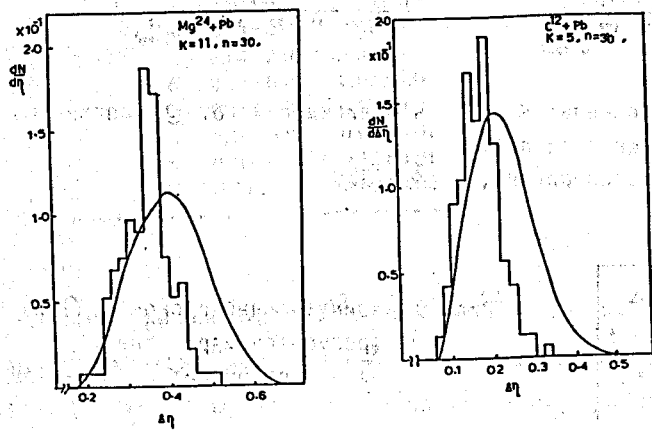


Рис. 10 Распределения быстрых интервалов для различных реакций. Множественность нормирована на 30. Число частиц внутри интервала $\Delta\eta$ равно K . Гистограмма - эксперимент. Кривая - расчет для независимого испускания.

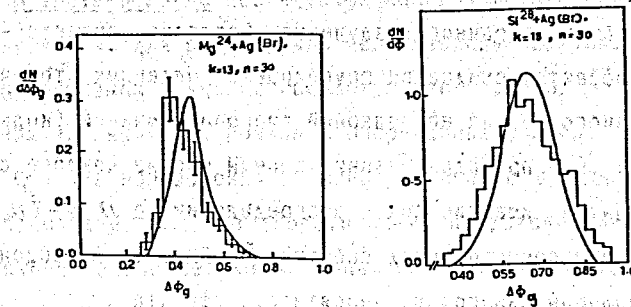


Рис. 11. Распределения интервалов азимутального угла $\Delta\Phi_g$ для g -частиц.

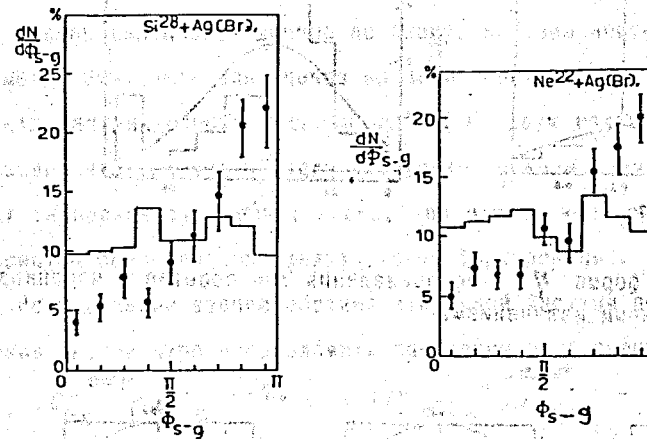


Рис. 12 Распределение угла между суммарными векторами s и g частиц в азимутальной плоскости. Гистограмма моделирована при отсутствии корреляций.

Было проделано систематическое и статистически надежное изучение эффекта Черенковского адронного излучения. Согласно представлению о механизме эффекта, ожидается группировка рожденных вторичных частиц внутри узкого кольца на полярной диаграмме мишени (кольцеобразные события). Был проведен индивидуальный анализ каждого события и отобраны события, имеющие пик в распределении по $\eta = -\ln \tan \frac{\theta}{2}$. На Рис. 13 показаны два примера таких событий. На Рис. 14 приведены несколько случаев полярных диаграмм. Вероятность эффекта получилась равной около 1% от полного неупругого сечения. Длина формирования оказалась

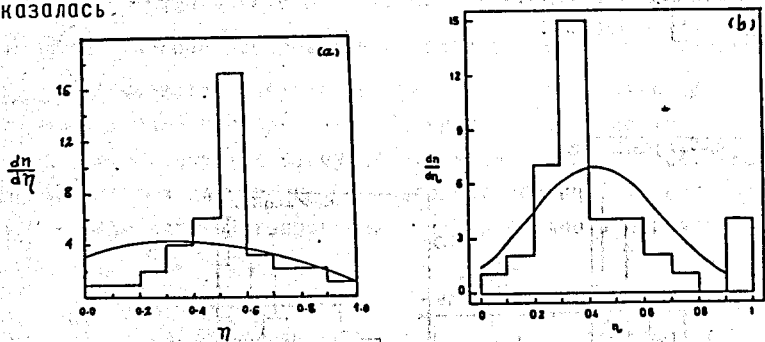


Рис. 13 Типичная форма η - распределения для событий с черенковским адронным излучением.

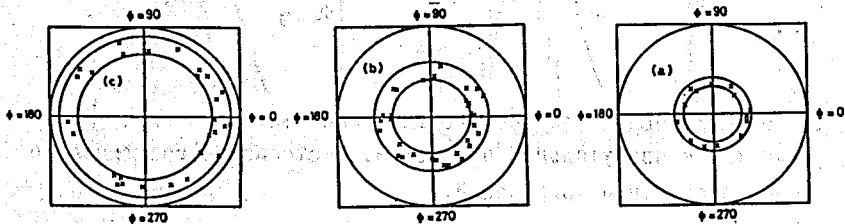


Рис. 14 Полярные диаграммы кольцеобразных событий. Радиус пропорционален псевдобыстроте.

В третьей главе исследуется взаимодействие нейтрино с ядрами фотоэмульсии. Для работы были использованы события, зарегистрированные в гибридном эмульсионном детекторе FNAL E-53I, построенном для изучения рождения очарованных частиц.

Сечение образования очарованных частиц относительно мало. Сечение взаимодействия, по теоретическим представлениям, также как и масса, относительно велико по сравнению с неочарованными частицами. Естественно было ожидать, что эти различия каким то образом скажутся на характеристиках вторичных частиц в наблюдаемых событиях. Однако этого не случилось. Сравнительное изучение событий с рождением очарованных частиц и без них показало, что нет существенных различий в характеристиках обоих классов событий.

Экспериментальные данные по взаимодействию нейтрино в фотоэмульсии можно применить для оценок времени формирования рожденных частиц. Расчеты внутриядерного каскада частиц по двум модам каскадной модели показали, что расчет каскада без учета времени формирования противоречит эксперименту. Расчет каскада по второй моде в сравнении с экспериментом позволяет определить время формирования.

Если сечение взаимодействия вторичной частицы после первого столкновения внутри ядра предположить зависящим от времени в виде

$$\sigma_{hN} = \sigma_{hN}^{exp} (1 - e^{-\tau/\tau_0}), \text{ где } \sigma_{hN}^{exp} - \text{экспериментальное}$$

значение сечения двухчастичного взаимодействия h и N , величина $\tau = L / \gamma \beta c$, а время формирования $\tau_0 = 1/m_0$, то из

расчета распределений по множественности вторичных частиц для разных значений m_0 при сравнении с экспериментом можно извлечь лучшее значение m_0 и вместе с тем оценить время формирования τ_0 .

На Рис. 15 дано N_S - распределение быстрых вторичных частиц.

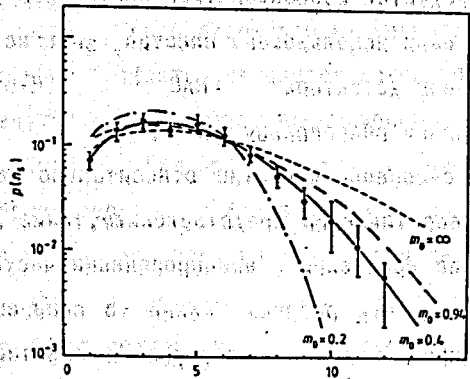


Рис. 15 n_s - распределение быстрых вторичных S - частиц.
Точки - эксперимент. Кривые - расчет.

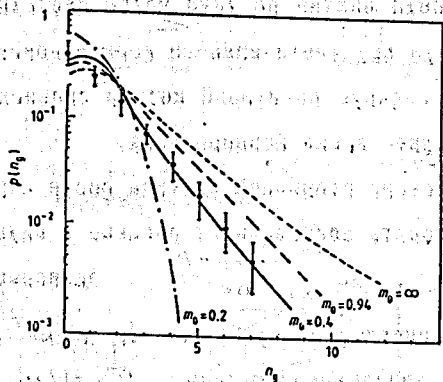


Рис. 16 n_g - распределение относительно медленных G - частиц.
Точки - эксперимент. Кривые - расчет.

На Рис. 16 показано n_g - распределение относительно медленных G - частиц. В обоих случаях получается одинаковый результат: расчет соответствует эксперименту около $m_0 = 0,4$. Отсюда следует, что время формирования примерно равно $\tau_0 = 1$ фм.

В Выводах и Заключение приведены основные результаты, полученные в диссертации.

1. В нуклон-нуклонном столкновении в широком интервале энергий зависимость средней множественности заряженных вторичных ливневых частиц $\langle n_{ch} \rangle$ от энергии S в системе центра масс согласуется с мультипериферической моделью и фейнмановским скейлингом:

$$\langle n_{ch} \rangle = a + b \ln s + c \ln^2 s$$

2. Средняя множественность в nA взаимодействии $\langle n_s \rangle$ следует фейнмановскому скейлингу.

3. Нормированная множественность $R = \langle n_s \rangle / \langle n_{ch} \rangle$, где $\langle n_s \rangle$ - средняя множественность в nA взаимодействии, согласуется с моделью последовательных столкновений первичного адрона с нуклонами ядра (EFCM).

4. Асимметрия в направлении вперед в угловом распределении уменьшается с ростом множественности.

5. При взаимодействии протонов с эмульсией при 69 ГэВ/с выход фрагментов ${}^8\text{Li}$ составляет 1,2%.

Анизотропия в испускании фрагментов ${}^8\text{Li}$ сильнее чем в угловом распределении медленных фрагментов (в-частиц) и не может быть объяснена движением остаточного ядра.

6. Определены A-зависимости (от масс сталкивающихся ядер) множественностей при центральных столкновениях протонов и ядер с ядрами фотоэмульсии: $\langle n_s \rangle = \text{const. } A_T^{0.11}$ и $\langle n_g \rangle = \text{const. } A_T^{0.62}$ в случае столкновения протонов, $\langle n_s \rangle = \text{const. } A_p^{0.62} A_T^{0.36}$ и $\langle n_g \rangle = \text{const. } A_p^{0.11} A_T^{0.62}$ - в случае столкновения ядер с ядрами фотоэмульсии.

7. При взаимодействии P^- - мезонов импульса 50 ГэВ/с с ядрами наблюдался хорошо известный эффект лидирующей частицы, характерный для столкновений адрон-нуклон в области больших быстрот число P^- -мезонов оказалось больше числа P^+ -мезонов.

8. Распределение поперечного импульса пионов в адрон-ядро столкновении показало верность моделей, где механизм рождения воспроизводит элементарный акт. Эффекты размножения путем каскадного механизма не наблюдались. Однако, некоторое возрастание множественности ливневых частиц в сравнении с P^-N взаимодействием означает, что ядро мишени не является простым зрителем в процессе рождения.

9. Сечение взаимодействия ядер не зависит от энергии налетающего ядра в интервале нескольких ГэВ.

10. Систематическое изучение характеристик по множественности показало верность моделей некогерентной суперпозиции. Ядро-ядро и нуклон-ядро взаимодействия в общих чертах являются суперпозицией нуклон-нуклонных взаимодействий.

II. Изучение фрагментации ядер ^{22}Ne , ^{24}Mg и ^{28}Si в столкновениях в фотоэмульсии при импульсе (4, I±4, 5) А ГэВ/с приводит к заключению, что инклюзивное зарядовое распределение фрагментов является суперпозицией различных механизмов, зависящих от степени

жесткости столкновения. Механизмы, содержащие единственный горячий источник при определенной энергии возбуждения, не могут объяснить экспериментальный выход фрагментов. Существующая каскадно-испарительная модель не описывает зарядовое распределение фрагментов.

12. В ядро-ядро столкновениях в фотоэмульсии при импульсе (4, I±4, 5) А ГэВ/с наблюдался эффект бокового потока ядерного вещества.

а) Отскок фрагментов налетающего ядра и боковой выброс фрагментов ядра-мишени наблюдались при исследовании проекций фрагментов на плоскость реакции и другими методами.

в) Впервые было обращено внимание на важность определения плоскости реакции столкновения ядер, дающего новые возможности для изучения различных аспектов ядро-ядро столкновений.

с) Данные, полученные при измерении бокового потока в азимутальной плоскости отражают вклад внутриядерного каскада в образование бокового потока. Относительное увеличение пробегов медленных фрагментов ядра-мишени, испущенных в направлении бокового выброса может свидетельствовать о передаче поперечного импульса ядру-мишени.

Боковые потоки частиц в общих чертах представляются как суммарный эффект действия двух механизмов - передачи импульса сталкивающимся ядрам и развития внутриядерных каскадов.

13. При взаимодействии ядер ^{22}Ne и ^{28}Si с тяжелыми ядрами фотоэмульсии Ag (Вг) наблюдались кольцеобразные события, связываемые обычно с испусканием глюонов при деконфайменте кварков - так называемым адронным эффектом Черенкова. Вероятность выхода такого события оказалась около 1% от числа всех неупругих событий.

Оценка длины формирования рожденных адронов дало значение около 1 Фм .

14. Экспериментальные данные по множественности и угловым характеристикам вторичных заряженных частиц, рожденных при взаимодействии нейтрино с ядрами фотоэмульсии, согласуются с дубенским вариантом каскадной модели, включающим конечное время формирования. Соответствующие оценки длины формирования дают величину около 1 фм.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. A.EL-Naghy. "Characteristics of Slow Particles emitted in the Charged Current interactions of Neutrinos with emulsion nuclei" 19th Inter. Cosmic Ray Conference, San Diego, August 1985, vol. 8, HE 5.3-22, P.164.
2. A.EL-Naghy, "Neutrino Nucleus Interactions" 20th Inter. Cosmic Ray Conf., Moscow, August 1987, vol.6, HE.5.16, p.313.
3. С.М.Елисеев, М.Камаль и А.Эль-Наги "Пространственно-временная картина глубоконеупругого рассеяния лептонов на ядрах" Краткие сообщения ОИЯИ № 6(32)-88, 1988, с.11.
4. A.EL-Naghy and S.M.Eliseev "Neutrino charged current interactions with emulsion and an estimate of hadron formation time" J.Phys. G (Nuclear physics), 16, 1990, p.39.
5. В.Г.Воинов, А.Ш.Гайтинов, ... А.Эль-Наги и др. "Энергетические и угловые распределения вторичных заряженных частиц во взаимодействиях π^- -мезонов с ядрами при энергии 50 ГэВ, ЯФ 25(5), 1977, с.1003
6. В.Г.Воинов, А.Ш.Гайтинов, ... А.Эль-Наги и др. "Энергетические характеристики взаимодействий π^- -мезонов с ядрами при 50 ГэВ" Письма в ЖЭТФ, 22(1), 1975, с.56.
7. В.Г.Воинов, А.Ш.Гайтинов, ... А.Эль-Наги и др. "Ассоциативные множественности во взаимодействиях π^- -мезонов с ядрами эмульсии при энергии 50 ГэВ", ЯФ 25 (4), 1977, с. 782
8. Дж. А.Саломов, К.Д.Толстов ..., А.Эль-Наги и др. "Множественности вторичных заряженных частиц во взаимодействиях π^- -мезонов с импульсом 50 ГэВ/с с ядрами фотоэмульсий, ЯФ 27(4), 1978, с.1008.
9. В.Р.Ванник, А.EL-Naghy, R.Ibatov - et.al. "Central Collisions of Fast Particles with Heavy Nuclei". Z.phys. A (Atoms & nuclei); 284, 1978, p.283.
10. M.EL-Nadi, O.E.Badawy - A.EL-Naghy et.al. "Emulsion of ^8Li Fragment in interactions of 69 GeV/c protons with Ag (Br) nuclei". Egypt. J.Phys. 14(2), 1983, p. 137.

11. M.EL-Nadi, A.T.Baranik, A.EL-Naghy et.al. " Catastrophic Destruction of Heavy Emulsion Nuclei induced by Fast Hadrons" Z. Phys. A (atoms & nuclei) 310, p.301.
12. A-EL-Naghy and V.D.Toneev " Interactions of ^{12}C ions with emulsion nuclei and Momentum 4.2 GeV/c per nucleon and the cascading - evaporation model" Z. Phys A (atoms & nuclei) 298, 1980, p.55.
13. A.EL-Naghy "Central heavy ion collisions with emulsions at 4.2 GeV/c per incident nucleon" ILNouovo Cimento A 71(2), 1982.
14. A.EL-Naghy " Fragmentation of ^{12}C nuclei in emulsion at 50 GeV/c" Z.Phys (atoms & nuclei) 302, 1981, p.201
15. A.EL-Naghy, S.Ramadan and Z.Metawei " Multiplicity distribution of produced charged pions in Nucleus-Nucleus collisions at high energies", 20th Inter. Cosmic Ray Conf., Moscow, August, 1987, vol. 5, HE I.2-8, p.76.
16. B.P.Bannik, A.EL-Naghy, S.A.Krasnov et.al. "Observation of a collective flow in ^{22}Ne collisions with Ag (Br) Emulsion Nuclei at 4.1 A GeV/c" Z.Phys.A (Atomic Nuclei) 329, 1988, p.341.
17. A.EL-Naghy, S.A.Krasnov, K.D.Tolstov et.al. " Fragmentation of ^{22}Ne in emulsion at 4.1 A GeV/c. J.Phys. G (Nuclear physics) 14, 1988, p.1125.
18. B.P.Bannik, A.EL-Naghy, K.D.Tolstov, et.al. " Some peculiarities of sideward flow of particles in ^{22}Ne collisions with emulsion nuclei at 4.1 A GeV/c" J.Phys. G (Nuclear physics) 14, 1988, p.949.
19. A.EL-Naghy, A.T.Baranik, S.Ramadan and S.S.Abdel-Aziz " Some clustering Aspects in collisions of 400 GeV/c protons and 4,5 A GeV/c Mg^{24} nuclei with Emulsion". J.Phys.Soc.Jpn., 58 suppl, 1989, p.741.
20. A.EL-Naghy and K.S.Abdel-Khalek " Observation of ring-like events in nucleus-nucleus interactions at 4,5 A GeV/c" Phys.Lett, B299, 1993, p.370.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 августа 1993 года.