

**НИИЯФ  
МГУ**

ПРЕПРИНТ -89 56/133.

НИИЯФ МГУ

Л. И. Бельзер, В. А. Бодягин, А. М. Грибушин,  
И. Н. Варданян, А. А. Ершов, Л. И. Сарычева,  
Н. Б. Синев

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ  
СТРУКТУРА  
АДРОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

**/Эксперимент с неподвижной мишенью  
в пучках  $p$ ,  $\pi$  и  $K$   
промежуточных энергий 10-20 ГэВ/**

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции  
и ордена Трудового Красного Знамени  
государственный университет имени М.В.Ломоносова

---

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Л.И.Бельзер, В.А.Бодягин, А.М.Грибулин,  
И.Н.Варданян, А.А.Ершов, Л.И.Сарычева, Н.В.Синев

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА АДРОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

/Эксперимент с неподвижной мишенью  
в пучках  $p$ ,  $\pi$  и  $K$  промежуточных энергий 10–20 ГэВ/

---

Препринт НИИЯФ МГУ -89-56/133.

Москва, 1989

## АННОТАЦИЯ

Эксперимент с неподвижной мишенью в пучках  $p$ ,  $\pi$  и  $K$  промежуточных энергий /10–20 ГэВ/ имеет целью проследить эволюцию неравновесных адронных состояний, проходящих через ядерное вещество, в поисках наиболее характерных проявлений механизма адронизации кварков.

Дифференциальные сечения генерации лидирующих адронов  $L$  на ядерных мишенях от водорода до свинца измеряются для полуклазивной реакции  $hA \rightarrow L + X_\eta$ , где  $X_\eta$  означает отбор событий с определенной конфигурацией треков, соответствующей некогерентным каналам с заданной передачей импульса от первичной частицы к мишени  $\Delta P$ , или "область взаимодействия"  $\Delta x \sim \hbar/\Delta P$ .

Экспериментальная установка представляет собой одноплечевой магнитный спектрометр с изменяемой геометрией, включающий сцинтилляционную фотоскопическую систему с координатным разрешением  $\sim 1$  мм, широкоапертурный газовый черенковский счетчик для идентификации лидирующего адрона и комплекс сцинтилляционных и твердых черенковских детекторов для мониторинга пучка и организации быстрого кинематического триггера.

## ФЕНОМЕНОЛОГИЯ .

Некогерентная фрагментация адронов на ядрах заключает в себе возможность изучения пространственно-временной структуры сильного взаимодействия в субъядерных масштабах -- естественных масштабах конфайнмента, где процессы формирования и поглощения адронов, или адронных систем, несут непосредственный отпечаток динамики адронизации кварков.

В определенной области кинематических переменных, обычно связываемой с "лидирующими" частицами, свойства распространяющихся в ядерном веществе неустановившихся адронных состояний должны, скорее всего, влиять на асимптотические характеристики множественного рождения частиц на ядрах, т.е. могут быть наблюдаемы в некотором подобии эксперимента по "ослаблению пучка" применительно к ядру-мишени /1/.

Такой подход, основанный на представлении о последовательных внутриядерных столкновениях, подразумевает достаточно большую передачу импульса  $\Delta P$  от первичной частицы к мишени в "элементарном" взаимодействии, чтобы можно было локализовать это взаимодействие где-то внутри ядра -- иначе говоря, размеры "области взаимодействия"  $\Delta z \sim \hbar/\Delta P$  не должны превосходить, по крайней мере, размеров нуклона.

## ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ

Анализ данных по инклюзивным протон-ядерным реакциям типа  $pA \rightarrow L + X$ , выполненный в терминах "ослабления пучка L" в ядре-мишени A /1/, обнаруживает неожиданно высокую и зависящую от энергии "прозрачность" ядра для лидирующих нуклонов, тогда как энергичные вторичные  $\pi$  и K-мезоны, судя по всему, поглощаются в ядерном веществе с эффективностью, соответствующей их сечениям взаимодействия на уединенном протоне /рис.1/.

С теоретической точки зрения, столь различное поведение внутри ядра лидирующих нуклонов /возможно, изобар/ и мезонов

– или, напротив, "сохранившихся" и "вновь рожденных" частиц какой бы то ни было природы /2/ – довольно-таки озадачивает. Само по себе существование подобной альтернативы иллюстрирует скудность имеющихся под рукой опытных данных: пригодные для сравнения измерения с различными первичными частицами остаются пока что в области желаемого.

Кроме того, рассматривая эти результаты в должной перспективе, следует иметь ввиду некоторую неоднозначность интерпретации исключивших данных вследствие неконтролируемой примеси когерентных реакций /сечение когерентного рождения зависит от размеров мишени сильнее, чем  $\sim A^{2/3}$ /. В этом случае, наблюдаемый в конечном состоянии переданный импульс от первичной к лидирующей вторичной частице может просто отражать конкретную кинематику распада когерентно рожденной системы /тяжелой изобары, дифракционного кластера/ и поэтому не является надежным критерием оценки области взаимодействия  $\Delta x$ .

#### ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА

В экспериментальном плане, проблема сводится к систематическому измерению интенсивностей генерации лидирующих адронов  $L$  на ядерных мишенях от водорода до свинца, причем в такой постановке опыта, которая учитывала бы изложенные выше соображения, чтобы полученная информация не оказалась заведомо недостаточной. Так или иначе, необходимо предусмотреть:

– специальный триггер на некогерентные реакции, предполагающий наличие реализуемого быстрой логикой способа оценки предельных размеров области взаимодействия в каждом событии;

– всевозможные комбинации типов первичной и вторичной лидирующей частицы /именно,  $p$ ,  $\pi$  и  $K$ /;

– различные энергии пучка в предположительно наиболее критичной области ниже 50 ГэВ.

Полученная таким путем мозаика ясно определяемых параметров /размер мишени, тип частицы, энергетический интервал/, составляющая эмпирический образ реальной эволюции неравновесных адронных состояний, должна выявить характерные черты механизма адронизации за пределами неизбежных при анализе данных неопределенностей – например, возникающих из-за неточной параметризации ядра-мишени, неклассических ядерных эффектов, и т.д.

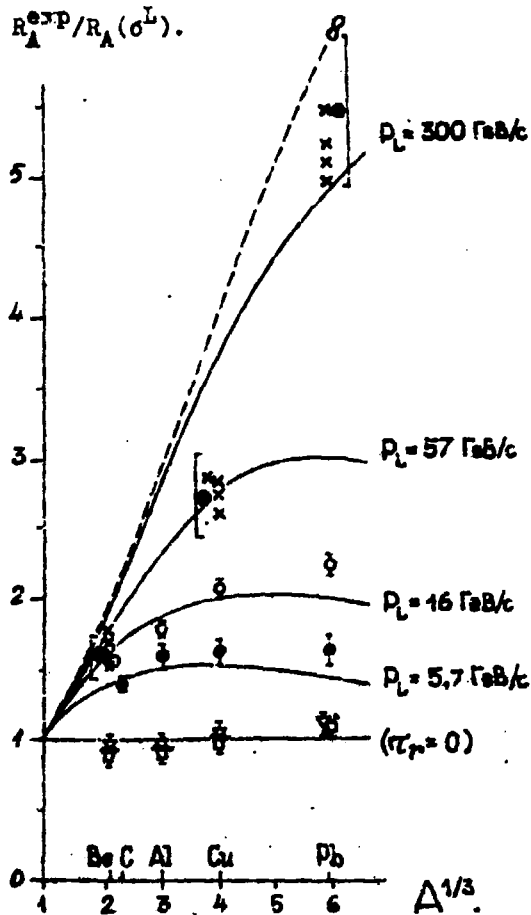


Рис. 1.

Отношения дифференциальных выходов лидирующих адронов L из инклюзивных реакций  $pA \rightarrow L + X$ ,

$$R_A^{exp} = \frac{1}{\sigma_{RA}^{abs}} \cdot (d^2\sigma/d\Omega dP)_A : \frac{1}{\sigma_{pp}^{tot}} \cdot (d^2\sigma/d\Omega dP)_p$$

к ожидаемым значениям  $R_A(\sigma^L)$  для случая ослабления "пучка" L внутри ядра-мишени A, если коэффициенты поглощения в ядерном веществе как первичной  $\sigma^2$ , так и вторичной лидирующей частицы  $\sigma^L$  соответствуют их сечениям взаимодействия на уединенном протоне.

Точки  $R_A^{exp}/R_A(\sigma^L)$ :

- $pA \rightarrow p + X$ , для  $P_0 = 6,9$  ГэВ/с,  $P_L/P_0 = 0,83$   
и  $P_L = 0,2$  ГэВ/с.
- $pA \rightarrow p + X$   
□  $\rightarrow \pi^+ + X$   
▽  $\rightarrow K^+ + X$  } для  $P_0 = 19,2$  ГэВ/с,  $P_L/P_0 = 0,83$   
и  $P_L = 0,2$  ГэВ/с.
- ×  $pA \rightarrow n + X$ , для  $P_0 = 400$  ГэВ/с,  $P_L/P_0 = 0,68 - 0,86$   
и  $P_L = 0,196 - 0,241$  ГэВ/с.

Кривые - модель "элементарного" неупругого столкновения, при котором эффективность взаимодействия падает до нуля, а затем восстанавливается с характерным временем  $\tau_r \sim \hbar/m_p c^2$ , так что  $\sigma^L(t) = \sigma^L \cdot (1 - \exp(-t/\tau_r \cdot \gamma))$ , где  $\gamma = E_L/m_p$  /1/.

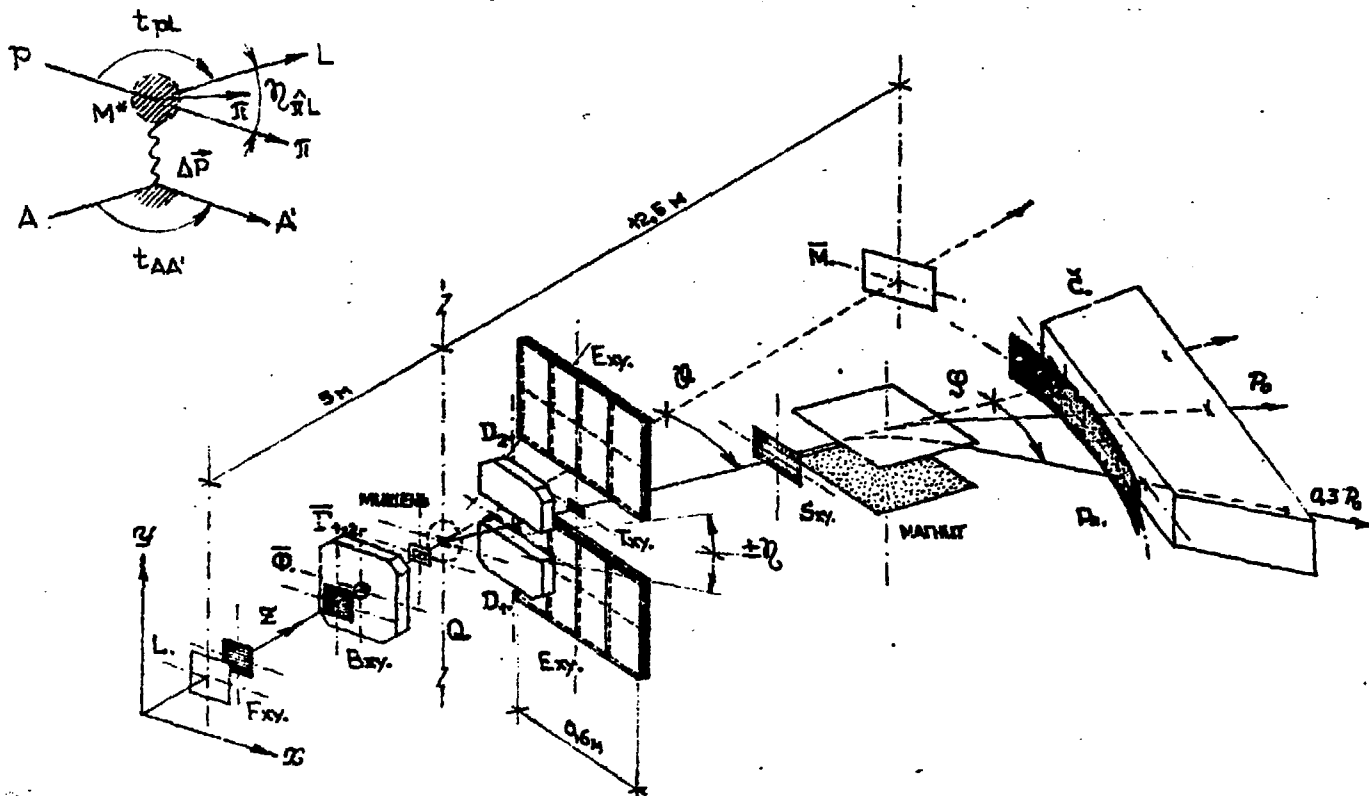


РИС.2.

Концепция и схема постановки эксперимента /3/

## МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ

Фрагментацию налетающей частицы  $hA \rightarrow A' + L + X$  можно рассматривать как реакцию с неким квази-двухчастичным промежуточным состоянием  $hA \rightarrow A' + M^*$  и последующим  $M^* \rightarrow L + X$ , в которой сохранение энергии и импульса устанавливает однозначную взаимосвязь эффективной массы  $M^*$  с импульсом отдачи  $\Delta P$  /и тем самым, с  $\Delta x$ /, а с другой стороны – с импульсами продуктов распада объекта  $M^*$  в его собственной системе координат, определяя таким образом относительные углы их разлета  $\eta$ , наблюдаемые в лабораторной системе /см. диаграмму на рис.2/.

Следовательно, зафиксировав  $\eta$ , мы получаем количественную оценку  $\Delta x$  /если имеется более двух фрагментов, это будет, очевидно, верхняя граница  $\Delta x$ /.

## АППАРАТУРА

Схема эксперимента, показанная на рис.2, довольно проста. Одноплечевой магнитный спектрометр, геометрия которого может меняться, измеряет дифференциальные выходы лидирующих адронов  $L$ , вылетающих из мишени / $Q$ / в широком интервале углов эмиссии  $\vartheta_L / 0 - 90^\circ$  в л.с.к./ и импульсов  $P_L$  /от  $P_0$  до  $0,3 P_0$  /, для полу-инклюзивной реакции  $hA \rightarrow L + X_\eta$  /3/.

Основные элементы спектрометра:

- сцинтилляционная фотоскопическая система с координатным разрешением  $\sim 1$  мм, которая прослаживает траектории первичной /секции F, B/ и вторичной лидирующей частицы /секции T, S, P/;

- широкоапертурный газовый /пороговый/ черенковский счетчик /С/, замыкающий установку и служащий для идентификации лидирующей частицы;

- комплекс сцинтилляционных и твердых черенковских детекторов для мониторинга пучка /L, M/ и формирования его "профиля" на мишени посредством антисовпадений /Ф, Г<sub>1,2</sub>/;

- триггерный комплекс, сочетающий твердые черенковские детекторы /D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>/ и детекторы сэндвичевого типа сцинтиллятор-свинец-сцинтиллятор /E<sub>x,y</sub>/, перекрывающие один и тот же телесный угол и позволяющие отбирать на уровне триггера события с заданной кинематикой – т.е. с определенными углами вылета  $\eta$  вторичных частиц X относительно траектории лидирующей частицы.



### ПРОГРАММА

В настоящее время проводится первая фаза эксперимента на ускорителе ОИЯИ /Дубна/ в пучке протонов с импульсом 9 ГэВ/с. Имея ввиду накопить полный набор данных в одинаковых условиях опыта, последующие измерения с различными первичными частицами и при различных энергиях планируется осуществить с использованием той же экспериментальной установки, которая может быть перевезена на другой, пока неясно какой ускоритель, рассчитанный на более высокие энергии, необходимые для формирования достаточно интенсивных  $\sim 10^6$  частиц за сброс/ пучков  $\pi$  и  $K$  с импульсом 10-20 ГэВ/с.

### Литература и примечания

1. Murzin V.S., Demianov A.I., Sarycheva L.I.  
HADRON-NUCLEUS INTERACTION AND THE PROBLEM OF "YOUNG" STATES OF PARTICLES.  
Preprint Western Washington Univ. /Bellingham, WA, 1983/.
2. Термин "сохранившаяся" означает энергичную вторичную частицу, имеющую характерную метку первичной /скажем, барионный заряд, странность, и т.д./. Динамические особенности эффекта "сохранения" наблюдаются также в реакциях, когда лидирующая частица лишена такой метки.
3. Подробности эксперимента см. в работе: Бельзер Л.И., и др. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА "ЦИФРОВОЙ МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР" /СМС-МГУ/.  
Препринт ОИЯИ PI-87-591 /Дубна, 1987/.

Л.И.Бельзер, и др.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА  
АДРОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

/Эксперимент с неподвижной мишенью  
в пучках  $p$ ,  $\pi$  и  $K$  промежуточных энергий 10-20 ГэВ/

Препринт НИИФ МГУ -89-56/133.

---

Редактор

К.И.Стратилатова

---

Подписано к печати 25.09.89г. Л-15485.

Печать офсетная. Бумага для множительных аппаратов  
Формат 60x84/16. Уч.-изд.л. - 0,85. Усл.п.л. - 0,5 .

Заказ №4507 . Тираж 70 экз.

Бесплатно.

---

Отпечатано в лаборатории офсетной печати  
и множительной техники