

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ КАРТИНА ГЛУБОКОНЕУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ЛЕПТОНОВ НА ЯДРАХ

С.М.Елисеев, М.Камаль*, А.Эль-Наги*

Определены пространственно-временные характеристики неупругих внутриядерных взаимодействий из анализа νE_m -столкновений при высоких энергиях. Особое внимание уделено новым данным, полученным при помощи эмульсионного спектрометра, использованного ранее для изучения сечений образования и времен жизни очарованных частиц.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Space-Time Picture of Deep Inelastic Lepton-Nucleus Collisions

S.M.Eliseev, M.Kamal, A.El-Naghy

Space-time characteristics of inelastic intranuclear interactions are determined by analysing νE_m collisions at high energies. Particular attention is given to the new data obtained at the hybrid emulsion spectrometer earlier used for studying the production cross sections and lifetimes of charmed particles.

The investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

Исследование глубоконеупругих лептон-ядерных взаимодействий в настоящее время по многим причинам вызывает повышенный интерес. Оно, в частности, дает возможность изучать механизм ядерной реакции в наиболее чистом виде, когда все вторичные адроны из первого $\{N$ -столкновения являются "вновь рожденными". Как известно, регистрируемые адроны образуются из начальных кварков и глюонов от сталкивающихся частиц. Кварки и глюоны инициируют далее кварк-глюонный каскад (марковский процесс), который завершается образованием конечных адронов**.

* Каирский университет, АРЕ

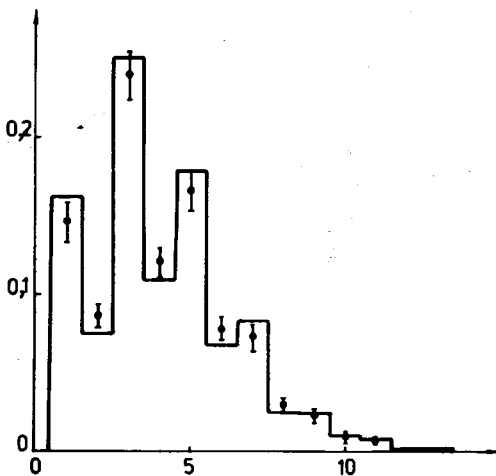
** Следует отметить, что энергетические, угловые спектры, корреляции потоков частиц в кварк-глюонном каскаде в рамках КХД приблизительно совпадают с экспериментально наблюдаемыми свойствами адронов (пионов), то есть непертурбативные эффекты не искажают соответствия между адронной системой и ее партонным каскадом (об этом подробнее см. в [2]).

Если каскад вызвать в ядре, то из исследования роли внутриядерных нуклонов в его развитии можно попытаться извлечь ценную научную информацию о характере перехода промежуточного кварк-глюонного состояния в наблюдаемые адроны.

В данной работе приведены результаты опыта по взаимодействиям ν_μ в ядерной эмульсии, вызываемым заряженными токами. Эксперимент проводился на ускорителе в Батавии; использовался гибридный эмульсионный спектрометр. Эмульсия экспонировалась в пучке нейтрино, образованном протонами с импульсами 350 и 400 ГэВ/с. Первоначально данные облучения использовались для изучения очарованных частиц (сечений их образования и т.д.)^{/1/}. В соответствии с известной эмульсионной методикой производилось разделение вторичных частиц на α - и β -частицы. В данной работе приведены распределения множественностей этих частиц и их угловые характеристики.

Далее мы рассмотрели модель, в рамках которой удастся феноменологически извлечь данные о пространственно-временных особенностях каскада частиц в ядре^{/3/}. Был смоделирован каскад в ядре, инициированный первым νN -взаимодействием, и определен параметр, характеризующий пробег частиц до образования пионов, взаимодействующих с нуклонами ядра с обычным πN -сечением*.

Для моделирования первого νN -столкновения были использованы аппроксимации известных экспериментальных данных. В качестве примера, демонстрирующего степень согласия нашего



моделирования элементарного акта с экспериментом, мы приводим (см. рис. 1) распределение по множественности заряженных частиц (статистические ошибки везде далее составляют 2-3%). В соответствии с партонной моделью нейтрино в ядре взаимодействовало с нейтроном в два раза чаще, чем с протоном (это обстоятельство, ес-

Рис. 1. Распределение по множественности заряженных частиц из νN -взаимодействий.

* Моделирование прохождения сложной системы, образованной в первом νN -взаимодействии, сквозь ядро производилось методом Монте-Карло^{/3/}

тественно, учитывалось во всех входных данных, см. рис. 1). Среднее число нейтральных частиц (π^0 -мезонов) для νp - и $\bar{\nu} p$ - взаимодействий определялось по формулам^{/4/}

$$N_{\pi^0} = 0,72 + 0,22 n_{\pi^-}, \quad (1)$$

$$\bar{n}_{\pi^0} = 0,14 + 0,73 n_{\pi^-}. \quad (2)$$

Учитывались пространственно-временные свойства частиц, образующихся во внутриядерных взаимодействиях. Через время τ , прошедшее после рождения вторичных частиц, сечения повторных внутриядерных взаимодействий равны

$$\sigma_{hN} = \sigma_{hN}^{\circ} \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_0}} \right), \quad (3)$$

где τ_0 — параметр. Таким образом, вторичные частицы взаимодействуют с последующими нуклонами с обычным сечением σ_{hN}° * не сразу же после своего рождения, а лишь через время $\tau \gg \tau_0$. Имеем

$$\sigma_{hN} = \sigma_{hN}^{\circ} \left(1 - e^{-\frac{L m_0}{\beta \gamma}} \right), \quad (4)$$

где $\beta = \frac{v}{c}$, $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$, $m_0 = \frac{1}{\tau_0}$. Значению параметра $m_0 \rightarrow \infty$ соответствует старая каскадная модель, в рамках которой предполагается, что во внутриядерных взаимодействиях мгновенно рождаются частицы со свойствами (сечениями взаимодействий), определенными в экспериментах со свободными частицами.

По формуле (4) мы вычисляли сечения внутриядерных взаимодействий в зависимости от длины пробега частицы L , ее скорости β . Из (4) видно, что медленные частицы достигают своих асимптотических сечений σ_{hN}° на малых (по сравнению с быстрыми частицами) расстояниях. Наиболее быстрые частицы слабо взаимодействуют в ядре. Это качественно согласуется с экспериментальным наблюдением, что характеристики частиц из ядерных взаимодействий отличаются от характеристик частиц из элементарных взаимодействий, главным образом, в области фрагментации мишени. Детально особенности моделирования описаны в работе^{/3/}.

В данной работе мы рассчитывали νE -взаимодействия (в соответствии с условиями эксперимента^{/1/}) при разных значениях параметра m_0 . Обсудим кратко полученные результаты.

* Сечения σ_{hN}° были взяты из экспериментов со свободными частицами, как в работах^{/3, 5/}.

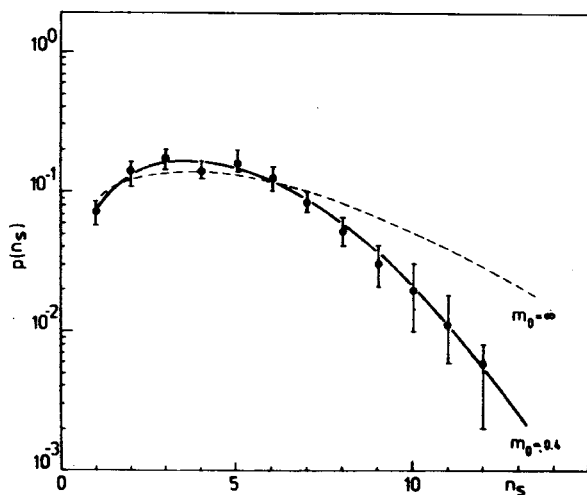


Рис. 2. Распределение по множественности s -частиц из νE_m -взаимодействий.

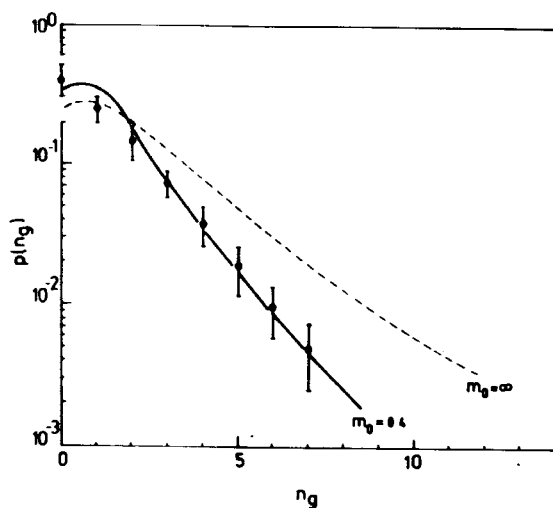


Рис.3. Распределение по множественности g -частиц.

На рис. 2 приведены распределения по множественности s -частиц, рассчитанные при $m_0 \rightarrow \infty$ ($\bar{n}_s = 6,45 \pm 0,06$) и $m_0 = 0,4$ ГэВ ($\bar{n}_s = 5,12 \pm 0,03$). В эксперименте (\bullet) $\bar{n}_s = 5,28 \pm 0,26$. На рис. 3 — распределения по множественности g -частиц при $m_0 \rightarrow \infty$ ($\bar{n}_g = 2,08 \pm 0,03$) и $m_0 = 0,4$ ГэВ ($\bar{n}_g = 1,35 \pm 0,02$). Экспериментальное значение \bar{n}_g равно $1,33 \pm 0,15$. Видно, что хорошее согласие теории с экспериментом наблюдается при конеч-

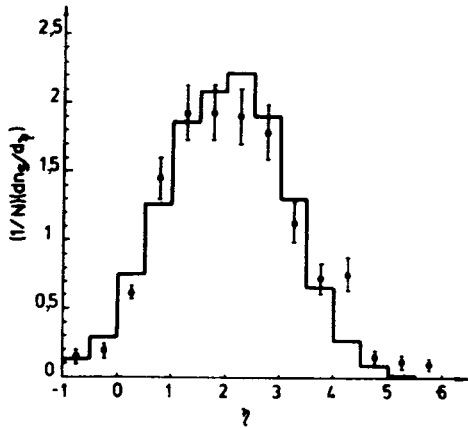
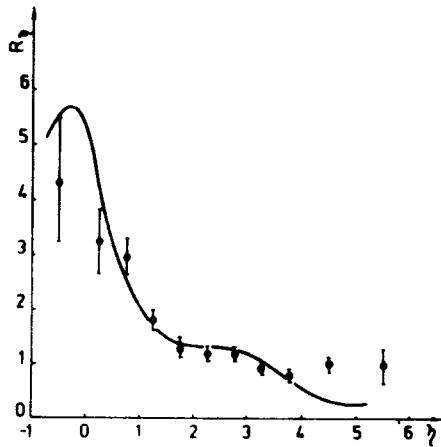


Рис. 5. Отношение распределения по квазибыстроте s -частиц из νE_m -взаимодействий к распределению s -частиц из νN -взаимодействий.

Рис. 4. Распределение по квазибыстроте s -частиц.



ном m_0 , равном $\approx 0,4$ ГэВ. Это свидетельствует о том, что процесс формирования частиц из кварков может происходить на конечном интервале $\approx 0,5$ фм (в собственной системе). Аналогичные результаты были получены в Серпухове^{/8/}.

На рис. 4 показаны распределения s -частиц по квазибыстроте η , а на рис. 5 — отношение распределения по квазибыстроте η в νE_m -взаимодействиях к распределению в νN -взаимодействиях. Параметр $m_0 = 0,4$ ГэВ, экспериментальные данные (\bullet) взяты из работы^{/7/}.

Рис. 6 демонстрирует согласие расчета с опытом по угловому распределению g -частиц. Видно, что некоторая часть частиц (как в модели, так и на опыте) вылетает в заднюю полусферу. Исследованию событий с такими частицами посвящена специальная экспериментальная работа^{/8/}, в которой они названы "кумулятивными". Позже мы их рассмотрим более подробно.

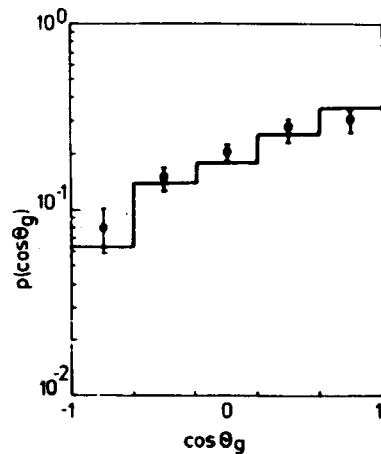


Рис. 6. Угловое распределение g -частиц.

Таким образом, расчеты по моделям указывают на существование конечных пространственно-временных интервалов для неупругих процессов. Дальнейшее изучение этого явления может представлять интерес для КХД-теории образования струй и решения проблемы конфайнмента.

Авторы выражают благодарность участникам 56-го Совещания сотрудничества по исследованиям на 2-метровой пропановой камере (Дубна, 24-26 мая 1988 г.) за обсуждение полученных результатов и ценные советы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ushida N. et al. – *Nucl. Instr. and Methods*, 1984, 224, p.50.
2. Азимов Я.И., Докшицер Ю.Л., Троян С.И., Хозе В.А. *Физика элементарных частиц*. Л.: ЛИЯФ АН СССР, 1985, с.82.
3. Елисеев С.М., Юлдашев Б.С. – *ЯФ*, 1984, 40, с.944.
4. Derrick M. – *Phys. Rev.*, 1982, D24, p.624.
5. Левченко Б.Б., Николаев Н.Н. – *ЯФ*, 1983, 37, с.1016.
6. Питухин П.В. *ИФВЭ*, №187, Серпухов, 1987.
7. Smart W. et al. – *Acta Phys. Polonica*, 1986, B17, p.41.
8. Аммар Р., Амосов В.В. и др. *Препринт ФИАН №48, Москва, 1988.*

Рукопись поступила 27 июня 1988 года.