

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-86-617

В.Г.Гришин, Л.А.Диденко, З.В.Метревели,¹
Ю.М.Шабельский²

ИНКЛЮЗИВНЫЕ СПЕКТРЫ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ
В π^-p - И π^-C -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ $P = 40$ ГэВ/с
И МОДЕЛЬ КВАРК-ГЛЮОННЫХ СТРУН

Направлено в журнал "Ядерная физика"

¹ Институт физики высоких энергий Тбилисского государственного университета

² Ленинградский институт ядерной физики АН СССР

1986

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время модели, основанные на идее $1/N$ -разложения КХД в рамках схемы дуальной топологической унитаризации (ДТУ)/I-4/, широко применяются для описания неупругих адрон-нуклонных и адрон-ядерных взаимодействий. В частности, в одной из моделей такого рода, модели кварк-глюонных струн /I-4/, было получено хорошее согласие с данными по инклюзивным спектрам различных вторичных частиц в pp-столкновениях. Впоследствии в работе /7/ были построены функции фрагментации кварков и дикварков в адроны, точно учитывающие законы сохранения энергии, электрического и барионного заряда в кварк-антикварковых и кварк-дикварковых струнах. Модель кварк-глюонных струн с такими функциями фрагментации применялась также /8/ для описания рождения вторичных частиц на ядрах. В настоящей работе проводится сравнение расчетов по модели кварк-глюонных струн с экспериментальными данными по рождению вторичных адронов в Π^-p -и $\Pi^-^{12}C$ -столкновениях при импульсах 40 ГэВ/с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ И ТВОРЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Для построения инклюзивных спектров $(x/b_{inel}) \frac{dS}{dx}$ в реакциях $\Pi^-p \rightarrow (\Pi^+, \Pi^-, K^0, \Lambda) + X$ и $\Pi^-^{12}C \rightarrow (\Pi^+, \Pi^-, K^0, \Lambda) + X$ при 40 ГэВ/с был использован следующий экспериментальный материал, полученный с помощью 2-метровой пропановой камеры ЛВЭ ОИЯИ, облученной на ускорителе ИФЭ (Серпухов) /9-11/:

276 Π^-p - взаимодействий с 73487 Π^\pm - мезонами, 590 K_S^0 ($K_S^0 \rightarrow \Pi^+\Pi^-$)- мезонами и 268 Λ ($\Lambda \rightarrow p\Pi^-$)- гиперонами, 17955 $\Pi^-^{12}C$ - взаимодействий с 19291 Π^\pm - мезонами; 952 K_S^0 - мезонами и 485 Λ - гиперонами.

К Инклюзивные спектры вторичных частиц вычисляются в модели кварк-глюонных струн следующим образом. Предполагается, что взаимодействие адрона высокой энергии с нуклоном либо ядром мишени осуществляется путем обмена одним или несколькими померонами. Каждый адрон представляет собой цилиндрическую поверхность, образованную глюонными и кварковыми линиями. Процессы упругого рассеяния либо реакционной диссоциации соответствуют "разрезаниям" амплитуды упругого рассеяния между померонами, а истинно неупругие процессы - разрыву самих померонов (одного либо нескольких). При разрезании каждого померона образуются две цепочки вторичных частиц. Например, на рис. 1а показан случай "разрезания" двух померонов в Π^-p -соударении;

один из них соединяет валентные кварк- и антикварк Π^- -мезона соответственно с дикварком и валентным кварком протона, а второй образован между кварк-антикварковой парой моря Π^- -мезона и такой же парой моря протона.

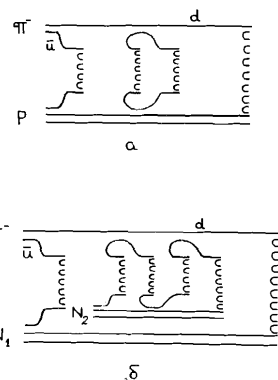


Рис.1. а) Неупругое Π^-p - взаимодействие, разрезаны два померона; б) неупругое Π^-A - взаимодействие с двумя нуклонами ядра. При взаимодействии с нуклонами N_1 и N_2 разрезаны соответственно один и два померона.

При столкновении с ядром следует учитывать возможность неупругого взаимодействия как с одним, так и с несколькими нуклонами. Например, одна из диаграмм взаимодействия с двумя нуклонами показана на рис. 1б.

Здесь в блоке взаимодействия с нуклоном 1 разрезан один померон, а в блоке взаимодействия с нуклоном 2 - два померона.

Формулы для расчета инклюзивных спектров приведены в /4-8/. Например, вклад диаграмм рис. 1а равен

$$\frac{1}{b_{inel}} \frac{dS(\Pi^-p \rightarrow hX)}{dx} = W_2^{\Pi p} [f_2^h(x_+, 2)f_{gq}^h(x_-, 2) + f_2^h(x_+, 2)f_2^h(x_-, 2) + 2f_3^h(x_+, 2)f_3^h(x_-, 2)], \quad (1)$$

где $W_2^{\Pi p}$ - вероятность разрезания именно двух померонов в Π^-p -соударении,

$$x_{\pm} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{4m_1^2}{s} + x^2} \pm x \right), \quad (2)$$

Функции f_{gq}, f_2, f_3, f_s , зависящие от x_{\pm} и n - числа разрезанных померонов, определяются свертками импульсных распределений дикварков, валентных кварков и антикварков и морских кварков в сталкивающихся адронах $u(x)$ и функций фрагментации $G^h(z)$ этих дикварков и кварков во вторичный адрон h :

$$f_i(x_{\pm}, n) = \int u_i(x_1, n) G(x_{\pm}/x_1) dx_1. \quad (3)$$

Функции $u(x_{\pm})$ и $G^h(z)$ определяются в модели кварк-глюонных струн по своим реджевским асимптотикам /12, 13/. В частности, явный вид функций фрагментации, точно учитывающих законы сохранения, приведен для вторичных Π, K - мезонов и нуклонов в работе /7/. Вклад диаграммы рис. 1б в инклюзивное рождение вторичного адрона h равен

$$\frac{x}{5\rho_{had}} \frac{d\sigma(\bar{\pi}^- A \rightarrow hX)}{dx} = 2 \frac{5hA}{5\rho_{had}} (1 - \mathcal{U}_A)^2 W_1^{\pi^+} W_2^{\pi^-} \times$$

$$\times \left\{ f_{\bar{q}}(x_+, 3) f_{q\bar{q}}(x_-, 1) + f_{\bar{q}}(x_+, 3) f_{q\bar{q}}(x_-, 1) + \right.$$

$$\left. + f_s(x_+, 3) [f_{q\bar{q}}(x_-, 2) + f_{q\bar{q}}(x_-, 2) + 2f_s(x_-, 2)] \right\}. \quad (4)$$

Сечения неупругого взаимодействия с заданным числом ν нуклонов ядра ${}_{hA}^{(\nu)}$ и суммарное сечение рождения вторичных частиц на ядре можно вычислить с помощью модели многократного рассеяния, $(1 - \mathcal{U}_A)$ - вероятность недифракционного взаимодействия налетающего пиона с нуклоном. Итоговые спектры определяются всеми возможными конфигурациями и перестановками номеров, а также вкладом процессов дифракционной диссоциации.

СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТОВ ПО МОДЕЛИ С ДАННЫМИ ОПЫТА

На рис. 2 приведены инклюзивные спектры π^+ - и π^- - мезонов в передней полусфере недифракционных π^-p - и $\pi^-{}^{12}C$ -взаимодействий.

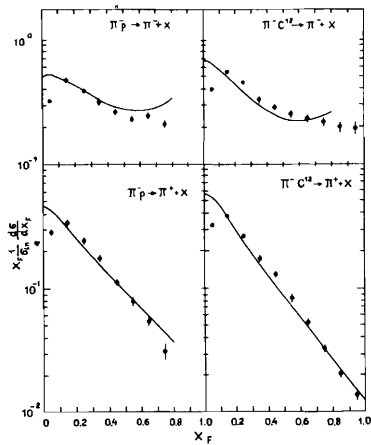


Рис.2. Инклюзивные спектры π^+ - и π^- - мезонов в передней полусфере: точки - экспериментальные данные для π^-p - и $\pi^-{}^{12}C$ -взаимодействий при $P = 40$ ГэВ/с; кривые - расчеты по модели кварк-глюонных струн.

В расчёте трудно учесть все критерии, по которым отбрасывались дифракционные взаимодействия, поэтому теоретические кривые учитывают все возможные взаимодействия. Этим обстоятельством можно объяснить расхождение с данными

по реакциям $\bar{\pi}^- \rightarrow \bar{\pi}^-$ при $x \geq 0,7$. В остальном согласие расчётов с опытом достаточно хорошее, за исключением точек при $x_F = 0,05$, которые соответствуют очень медленным частицам в с.ц.и. ($P_{||} \approx 200$ МэВ/с).

На рис.3 и 4 проводится сравнение расчётов с данными по рождению странных частиц K_S^0 и Λ . Экспериментальные ошибки здесь значительно больше. Согласие с расчётом примерно такое же, как и в случае вторичных пионов.

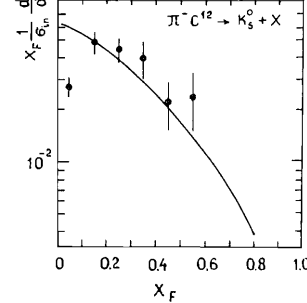
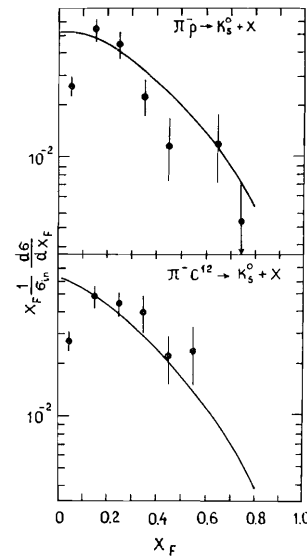


Рис.3. Инклюзивные спектры K_S^0 - мезонов в передней полусфере: точки - экспериментальные данные для π^-p - и $\pi^-{}^{12}C$ -взаимодействий при $P = 40$ ГэВ/с; кривые - расчеты по модели кварк-глюонных струн.

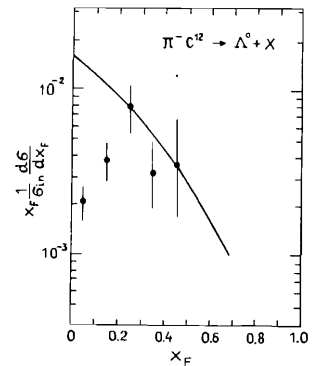
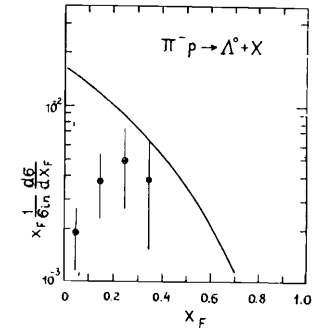


Рис.4. Инклюзивные спектры Λ -гиперонов в передней полусфере: точки - экспериментальные данные для π^-p - и $\pi^-{}^{12}C$ -взаимодействий при $P=40$ ГэВ/с; кривые - расчеты по модели кварк-глюонных струн.

Таким образом, видно, что модель кварк-глюонных струн вполне удовлетворительно описывает выходы вторичных частиц в π^-p - и $\pi^-{}^{12}C$ -взаимодействиях при $P=40$ ГэВ/с. Отсюда можно сделать вывод, что неасимптотические поправки к модели (например, планарные диаграммы, ведущие себя пропорционально $P^{-1/2}$) не влияют существенным образом на вид инклюзивных спектров при таких начальных энергиях. Ядерные эффекты, не учтенные в модели, например низкоэнергетические внутриядерные каскады, также, по-видимому, не играют заметной роли для вторичных частиц с $x \geq 0,1+0,2$.

В заключение авторы выражают благодарность участникам Сотрудничества по исследованию множественных процессов на 2-метровой пропановой пузырьковой камере за помощь в обработке экспериментального материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Capella et al. Phys. Lett., 81B, 68 (1979); Z. Physik, C3, 329 (1980).
2. H. Minakata. Phys. Rev., D20, 1656 (1979).
3. G. Cohen-Tannoudji et al. Phys. Rev., D19, 3397 (1979); D21, 2699 (1980).
4. А.Б. Кайдалов, К.А. Тер-Мартirosян. ЯФ, 39, 1545 (1984); 40, 211 (1984).
5. А.Б. Кайдалов, О.И. Пискунова. ЯФ, 41, 1278 (1985).
6. A. B. Kaidalov, O. I. Piskunova. Inclusive spectra of baryons in the quark-gluons strings model. Preprint ITEP-16 (1985), Moscow.
7. Ю.М. Шабельский. ЯФ, 44, 186 (1986).
8. Ю.М. Шабельский. Инклюзивные спектры в адрон-ядерных столкновениях в модели кварк-глюонных струн. Препринт ЛИЯФ № П177 (1985), Ленинград.
9. А.У. Абдурахменов и др. ОИЯИ, Р1-6326, Дубна, 1972; ЯФ, 18, 545 (1973); Nucl. Phys., 1974, В79, р. 57.
10. BCCDSSSTU-BW Collaboration. Phys. Lett., 1972, 39B, p. 371.
11. Н. Ангелов и др. ЯФ, 25, 1013 (1977).
12. А.Б. Кайдалов. ЯФ, 33, 1379 (1981).
13. A. B. Kaidalov. Fragmentation functions for quarks and diquarks in the model of quark-gluon strings. Preprint ITEP-116 (1984), Moscow.
14. Ю.М. Шабельский. ЭЧАЯ, 12, 1070 (1981).

Рукопись поступила в издательский отдел
15 сентября 1986 года.

Гришин В.Г. и др. P1-86-617
Инклюзивные спектры вторичных частиц в
 π^-p - и $\pi^-^{12}C$ -взаимодействиях при $P = 40$ ГэВ/с
и модель кварк-глюонных струн

Проводится сравнение расчетов по модели кварк-глюонных струн с экспериментальными данными по рождению вторичных адронов в π^-p - и $\pi^-^{12}C$ -взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с. Показано, что модель хорошо описывает распределения π^\pm , K^0 , Λ -частиц по x_F в передней полусфере с.ц.и. взаимодействия.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С. Виноградовой

Grishin V.G. et al. P1-86-617
Inclusive Spectra of Secondary Particles
in π^-p and π^-C Interactions at $P = 40$ GeV/c
and Quark-Gluon String Model

The experimental data on hadron production in π^-p and $\pi^-^{12}C$ interactions at 40 GeV/c are compared with the calculations within the quark-gluon string model describes well the π^\pm , K^0 - and Λ -particle distributions over x_F variable in c.m.s. forward hemisphere.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986