

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



9208

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛА

P1 - 9208

В.Г.Гришин, Е.Н.Кладницкая, Н.Н.Мельникова,
П.М. Суд, В.М.Шехтер, Л.М.Щеглова, Г.Янчо

АСИММЕТРИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

В π^- P-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 40 ГЭВ/С
И КВАРКОВАЯ МОДЕЛЬ

1975

В.Г.Гришин, Е.Н.Кладницкая, Н.Н.Мельникова,
П.М.Суд, В.М.Шехтер,¹ Л.М.Щеглова,² Г.Янчо

АСИММЕТРИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

В π^- P-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 40 ГЭВ/С
И КВАРКОВАЯ МОДЕЛЬ

Направлено в ЯФ

¹ Ленинградский институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова АН СССР.

² Научно-исследовательский институт ядерной физики
МГУ им. М.В.Ломоносова.

1. Несколько лет назад Элберт, Эрвин и Уокер обратили внимание на асимметрию спектра вторичных пионов в реакции $\pi^{\infty} + p \rightarrow \pi^{\pm} + \dots$ /1/. В системе центра инерции

инклюзивное сечение $\frac{d\sigma_{\pi}}{dx}$ спадает от точки $x=0$ быстрее

в задней полусфере ($x < 0$), чем в передней ($x > 0$).

$x = \frac{2P_{||}^*}{\sqrt{s}}$, $P_{||}^*$ - продольный импульс частицы в системе

центра инерции. Симметрия восстанавливается, если перейти в "систему центра инерции кварков", где $P_{\pi} = -(2/3)P_p$, предполагая справедливой наивную кварковую модель адронов. Результат работы /1/ был подтвержден в ряде более поздних экспериментов /2/ и стимулировал общее обсуждение следствий кварковой модели для многочастичных процессов /3,4/.

В работе /1/ было замечено также, что асимметрия распределения $\frac{d\sigma_{\pi}}{dx}$ в с.ц.и. отсутствует для событий

с большой множественностью. Это обстоятельство, по меньшей мере, частично может быть обусловлено тем фактом, что за события с большой множественностью отвечают не однократные кварк-кварковые соударения /т.н. импульсное приближение/, а столкновения с участием трех или более кварков /1,4/.

2. В настоящей работе мы хотели бы обратить внимание на наличие аналогичной ситуации в распределении заряженных частиц между полусферами в с.ц.и. для π^-p - столкновений при 40 ГэВ/с. Эксперимент проводился на

двухметровой пропановой камере, облученной пучком отрицательных пионов с $P = 40 \text{ ГэВ/с}$ на ускорителе ИФВЭ в Серпухове. В соответствии с критериями, описанными в работе^{/5/}, было отобрано 8268 неупругих π^-p -взаимодействий. По ионизации идентифицировались медленные /в лаб. системе/ протоны с $P_{\text{лаб}} \leq 0,7 \text{ ГэВ/с}$. Остальные частицы предполагались пионами: π^+ или π^- . При этом примерно 15% от числа " π^+ " составляют неидентифицированные быстрые протоны, а примесь каонов и гиперонов составляет $4 \pm 5\%$ /6/.

В каждом событии регистрировались заряженные частицы, попадающие как в переднюю, так и в заднюю полусферы. В с.ц.и. были получены следующие значения средней множественности частиц вперед (F) и назад (B) на одно событие *

$$\langle n_c \rangle_F = 2.92 \pm 0.02 \quad /с.ц.и./ \quad /1/$$

$$\langle n_c \rangle_B = 2.47 \pm 0.02,$$

Таким образом, в распределении заряженных частиц наблюдается значительная асимметрия между передней и задней полусферами:

$$\langle n_c \rangle_F - \langle n_c \rangle_B = 0.45 \pm 0.03$$

$$A = \frac{\langle n_c \rangle_F - \langle n_c \rangle_B}{\langle n_c \rangle_F + \langle n_c \rangle_B} = 0.084 \pm 0.005. \quad /с.ц.и./ \quad /2/$$

С точки зрения кварковой модели асимметрию вперед-назад для заряженных частиц можно понять следующим образом: при кварк-кварковом взаимодействии в с.ц.и. импульс пионного кварка в $3/2$ раза превышает импульс протонного кварка. Поэтому система центра инерции кварков /с.ц.к./ движется по направлению первичного пиона. При большой энергии мезон-нуклонных столкновений справедливо соотношение:

* Эти данные получены по событиям, в которых были измерены все вторичные заряженные частицы.

$$y_{с.ц.и.} - y_{с.ц.к.} = 1/2 \ln 2/3 \approx -1/5. \quad /3/$$

Поэтому для перехода от с.ц.и. к с.ц.к. надо перевести интервал $0 \leq y_{с.ц.и.} \leq 0,2$ из передней полусферы в заднюю. Пересчет в кварковую систему дает:

$$\langle n_c \rangle_F = 2,62 \pm 0,02,$$

$$\langle n_c \rangle_B = 2,78 \pm 0,02, \quad /с.ц.к./ \quad /4/$$

$$A = -0,030 \pm 0,005.$$

Таким образом, в этой системе асимметрия заряженных частиц сильно уменьшается /в три раза/ и меняет знак.

Нетрудно убедиться в том, что последний факт обусловлен вкладом событий с большой множественностью. На рис. 1 приведены значения асимметрии A для событий с определенной множественностью n_c . Видно, что в с.ц.и. асимметрия близка к 0,1 вплоть до $n_c = 8$, а затем резко падает до нуля и даже отрицательных значений. В кварковой системе $A=0$ при $n_c = 6$, т.е. как раз в районе средней множественности, $n_c \approx \langle n_c \rangle$, куда попадает большинство событий. Для больших n_c A с.ц.к. < 0 , для $n_c = 2$ и $n_c = 4$ A остается положительным, но общий вклад событий с большими n_c оказывается более существенным, так что полное значение асимметрии отрицательно. Таким образом, асимметрия вперед-назад для заряженных частиц зависит от n_c так же, как и различие спектров вторичных пионов, найденное в /1/. Чтобы проиллюстрировать этот факт, мы приводим в табл. 1 значения коэффициента R, определяемого как отношение импульсов протона и пиона в системе, где имеет место симметрия, либо спектров вторичных пионов $d\sigma_\pi/dx$ в интервале $-0,25 \leq x \leq 0,25$, либо числа заряженных адронов, летящих вперед и назад (R_{F-B}).

Видно, что при всех значениях множественности значения R, вычисленные для спектров и симметрии вперед-назад, совпадают в пределах ошибок. Таким обра-

ТАБЛИЦА I.

Значения параметра R для разных топологий.

n_c	R_{F-B}	R	R_{F-B} ($P_L > 1 \text{ ГэВ}/c$) (сопров. $P_L > 1 \text{ ГэВ}/c$)	R_{F-B}
2	2.60 ± 0.40	> 3	> 3	< 1
4	2.00 ± 0.10	1.95 ± 0.40	1.60 ± 0.20	1.38 ± 0.16
6	1.55 ± 0.05	1.55 ± 0.15	1.69 ± 0.20	1.25 ± 0.08
8	1.32 ± 0.04	1.37 ± 0.15	1.38 ± 0.20	1.08 ± 0.06
10	1.01 ± 0.02	1.05 ± 0.15	0.90 ± 0.50	0.89 ± 0.10
12	0.82 ± 0.04	0.80 ± 0.20		0.78 ± 0.10
Все	1.36 ± 0.03	1.35 ± 0.08	1.53 ± 0.15	1.06 ± 0.04

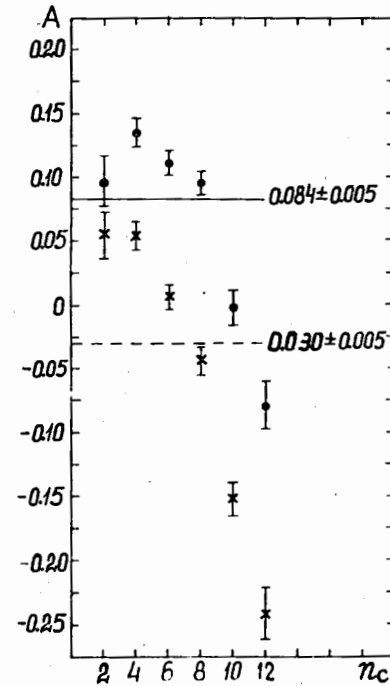


Рис. 1. Зависимость коэффициента асимметрии A от числа заряженных частиц. Прямые показывают интегральное значение A. Темные кружки и сплошная прямая соответствуют с.ц.и., крестики и пунктир - кварковой системе.

зом, можно думать, что природа обоих явлений действительно одинакова. Заметим, что значения для асимметрии вперед-назад определяются с существенно лучшей точностью, чем для спектров; в последнем случае имеется дополнительная неоднозначность, связанная с выбором интервала по переменной x .

3. Обсудим теперь полученные результаты с точки зрения кварковой модели. Кварковые диаграммы для $p\bar{p}$ -столкновений показаны на рис. 2. Диаграмма 2a

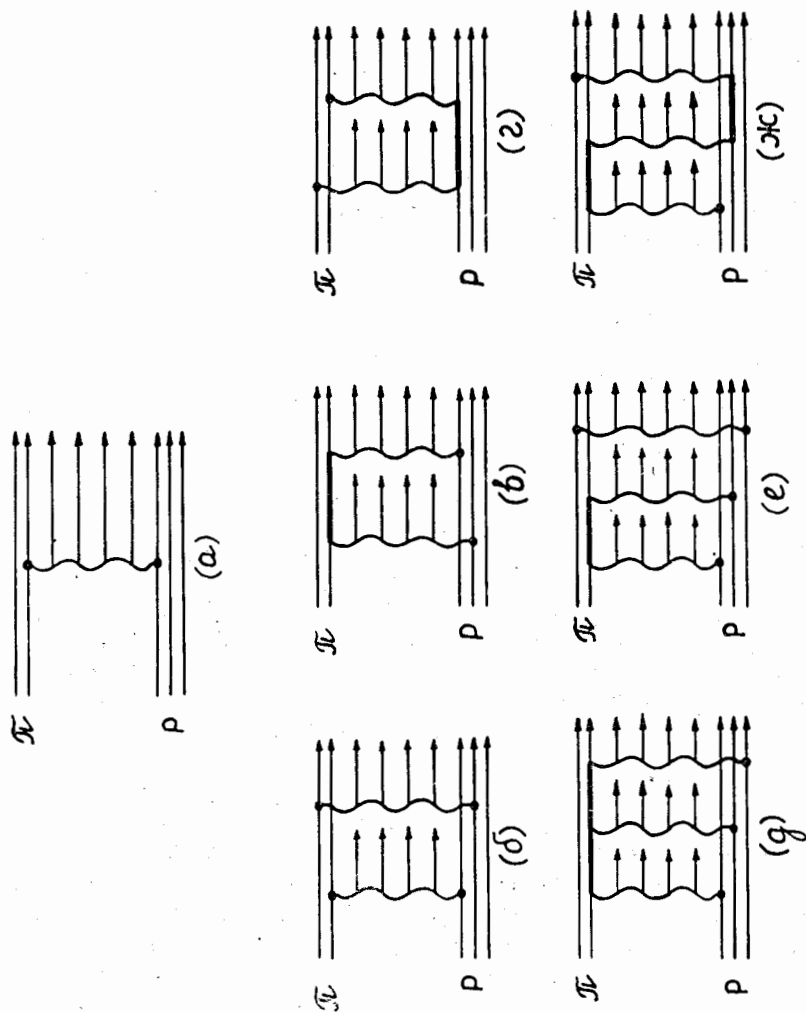


Рис. 2. Диаграммы кварковой модели для π^-p -столкновений. Вертикальные линии отвечают кварк-кварковому взаимодействию.

соответствует импульсному приближению ^{/7,3/}. Остальные диаграммы характеризуют "коллективное" взаимодействие, т.е. перерасеяние кварков. Можно думать, что именно они существенны в процессах с большим значением множественности, превышающим среднее $n_c^{/4/}$. С другой стороны, соотношение 3:2 импульсов сталкивающихся кварков для таких диаграмм, вообще говоря, несправедливо. Например, оно верно для рис. 2а и 2б, но не для 2в или 2г, где импульсы сталкивающихся систем относятся как 3:4 или 3:1. Заметим, однако, что число диаграмм 2г в два раза меньше, чем 2в. При переходе в "эффективную" систему ц.и. для таких диаграмм надо, в среднем, смещать y на меньшую величину, чем для диаграмм 2а /где $\Delta y = 1/5$ /, или даже просто оставаться в системе ц.и. и т.д. С этой точки зрения можно понять, почему для событий с большой множественностью асимметрия в с.ц.и. может отсутствовать /рис. 1/. При пересчете в кварковую систему такие события, естественно, приводят к отрицательному значению коэффициента асимметрии A .

Для правильного понимания полученных здесь результатов существенно иметь в виду, что все приведенные ошибки являются чисто статистическими. К систематическим ошибкам приводит тот факт, что мы не можем идентифицировать быстрые протоны с импульсом $P_{\text{лаб}} > 0,7 \text{ ГэВ/с}$. При неверном отождествлении их с положительными пионами часть таких частиц может "перейти" в системе ц.и. из задней полусферы в переднюю. Такой эффект должен быть более значителен для событий с большой множественностью, когда истинный импульс протонов в с.ц.и. невелик. Моделирование π^-p событий по мультипериферической модели ^{/8/} показало, что в 7% событий имеет место переход протонов из одной полусферы в другую. Эта модель удовлетворительно описывает наши экспериментальные данные ^{/8/}, поэтому, учитывая оценку систематической погрешности в величинах $\langle n_c \rangle_F$ и $\langle n_c \rangle_B$, полученную по этой модели, получаем

$$\langle n_c \rangle_F - \langle n_c \rangle_B = 0,31 \pm 0,03$$

$$A = 0,058 \pm 0,006.$$

/5/

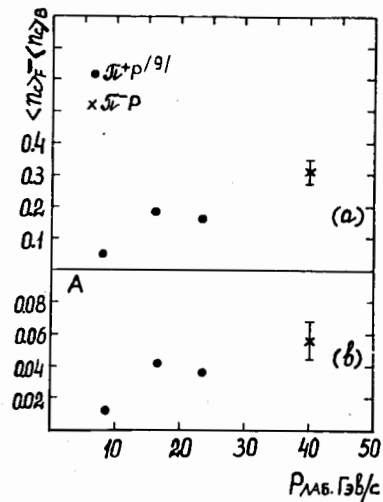


Рис. 3. Асимметрия вперед-назад для $\pi^{\pm}p$ -столкновений в с.ц.и. в зависимости от энергии: (а) - разность числа заряженных частиц в передней и задней полусфере; (б) - коэффициент асимметрии. Данные для 40 ГэВ/с приведены с учетом поправки, полученной по мультипериферической модели /8/.

На рис. 3 эти величины приведены также для π^+p столкновений при 8, 16 и 23 ГэВ/с /9/. Следует отметить также, что в событиях с малой множественностью существенна дифракционная диссоциация, на описание которой кварковая модель не претендует. Можно думать, что положительное значение А в кварковой системе при $n_c = 2$ и $n_c = 4$ связано с тем, что пион дифрагирует несколько охотнее, чем протон.

4. С целью проверки изложенных выше представлений был произведен дополнительный отбор событий, в которых детектировались частицы с большим поперечным импульсом $/P_{\perp} > 1 \text{ ГэВ/с}/$. Естественно думать, что адроны с большим p_{\perp} образуются в результате жесткого соударения кварков, при котором существенно только

взаимодействие одной пары кварков; вероятность того, что такая частица появляется в результате перерассеяния кварка, уже испытавшего взаимодействие и потерявшего часть энергии, должна быть малой. Поэтому для частиц с $p_{\perp} > 1 \text{ ГэВ/с}$ ожидалась симметрия в с.ц.к. Экспериментальное значение оказалось равным $R / p_{\perp} > 1 \text{ ГэВ/с} = 1,53 \pm 0,15 / \text{см.}$ третий столбец табл. 1/. Иную ситуацию следовало ожидать для адронов, сопровождающих частицу с большим p_{\perp} . В этом случае исследуется дважды инклюзивный процесс типа

$$\pi^- + p \rightarrow a + b + \dots,$$

/6/

где а - частица с $p_{\perp} > 1 \text{ ГэВ/с}$, а b - заряженный адрон. Для реакций такого типа роль перерассеяний увеличивается из-за простой комбинаторики, и относительные вклады диаграмм на рис. 2б-е возрастают. Поскольку в такой ситуации симметрия имеет место в системе центра инерции, можно было думать, что для сопровождающих частиц $R_{\text{ц.и.}} = 1$, что, как оказалось, тоже согласуется с экспериментальным значением: $R_{\text{ц.и.}} = 1,06 \pm 0,04$ /последний столбец табл. 1/. В соответствии с приведенным выше рассуждением множественность заряженных частиц в событиях, где имеется адрон с $P > 1 \text{ ГэВ/с}$, выше, чем средняя множественность n_c . Однако этот факт /по меньшей мере частично/ может быть связан с образованием дополнительной струи адронов, летящих в сторону, противоположную импульсу избранной частицы. В этом плане интерес представляют также дважды инклюзивные процессы, в которых роль частицы "а" играет не адрон с большим p_{\perp} , а другая частица, скажем, K^0 или Λ -гиперон.

Изучение асимметрии вперед-назад для заряженных частиц в $\pi^{\pm}p$ или $K^{\pm}p$ столкновениях /в частности, с отбором адронов по p_{\perp} /было бы желательно произвести и при других энергиях, чтобы проследить энергетическую зависимость этого явления.

Авторы признательны участникам сотрудничества по исследованию множественного рождения частиц в π^-p -взаимодействиях при $P = 40$ ГэВ/с за полезные обсуждения, а также Е.М.Левину за стимулирующие замечания.

Литература

1. J.W.Elbert, A.R.Erwin, W.D.Walker. *Phys.Rev.*, D3, 2042 (1971).
2. K.Boesebeck, M.Deutschmann, M.Matziolis et al. *Nucl.Phys.*, B46, 371 (1972).
В.Г.Гришин и др. *ЯФ*, 16, 1114, 1972.
3. V.V.Anisovich, V.M.Shekhter. *Nucl.Phys.*, B55, 455 (1973).
4. В.В.Анисович, В.М.Шехтер. Сб. "Глубоконеупругие и множественные процессы", Дубна, 1973, стр. 428.
5. А.У.Абдурахимов и др. ОИЯИ, P1-6326, Дубна, 1972.
6. А.У.Абдурахимов и др. ОИЯИ, P1-7267, Дубна, 1973; *Препринт ИАФ, Бухарест HE-72*, 1973; *ЯФ*, 18, 1251 /1973/; *Nucl.Phys.*, B79, 57 (1974).
7. H.Satz. *Phys.Rev.Lett.*, 19, 1453 (1967).
8. Е.И.Волков, Т.Канарек, И.И.Ройзен, Д.С.Чернавский. *Труды IV Международного семинара по физике высоких энергий*, Дубна, 1975.
Е.И.Волков, И.М.Дремин, А.М.Дунаевский, И.И.Ройзен, Д.С.Чернавский. *ЯФ*, 20, 149 /1974/;
Е.И.Волков, Т.И.Канарек. ОИЯИ, 1-8035, Дубна, 1974.
9. H.Grässler, H.Kirk, R.Schulte et al. *Nucl.Phys.*, B90, 461 (1975).

Рукопись поступила в издательский отдел
30 сентября 1975 года.