

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



9/1-78

K-471

P1 - 10969

Е.Н.Кладницкая, В.Н.Соломин, В.М.Шехтер,  
Л.М.Щеглова<sup>1</sup>

203/2-78

ЗАРЯДОВАЯ АСИММЕТРИЯ

В  $\pi^-p$ -СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРИ 40 ГэВ/с

В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОПЕРЕЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ

**1977**

P1 - 10969

Е.Н.Кладницкая, В.Н.Соломин,<sup>1</sup> В.М.Шехтер,<sup>2</sup>  
Л.М.Щеглова<sup>1</sup>

ЗАРЯДОВАЯ АСИММЕТРИЯ

В  $\pi^-p$ -СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРИ 40 ГэВ/с

В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОПЕРЕЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ

*Направлено в ЯФ*

---

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт ядерной физики  
МГУ

<sup>2</sup> Ленинградский институт ядерной физики АН СССР

Кладницкая Е.Н. и др.

PI - 10969

Зарядовая асимметрия в  $\pi^-p$ -столкновениях при 40 ГэВ/с  
в зависимости от поперечных импульсов

В  $\pi^-p$ -взаимодействиях при 40 ГэВ/с изучалась зависимость зарядовой асимметрии в центральной области от величины поперечного импульса вторичных частиц и множественности вторичных частиц в событии. Показано, что зарядовая асимметрия растет с увеличением поперечного импульса вторичных частиц и падает с увеличением числа заряженных частиц в событии. Полученные результаты интерпретируются с точки зрения партонной модели.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Kladnitskaya E.N. et al.

PI - 10969

Charge Asymmetry in  $\pi^-p$ -Collisions at 40 GeV/c  
as a Function of Transverse Momenta

The charge asymmetry in the central region has been studied in  $\pi^-p$ -interactions at 40 GeV/c as a function of transverse momentum value of secondaries and their multiplicity in an event. It is shown that the charge asymmetry grows with increasing transverse momenta of secondaries and falls down with the increase of charged particle number in an event. The results obtained are interpreted from the point of view of the parton model.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Изучение распределения заряда по быстрой  $y/1/$  в  $\pi^-p$ -взаимодействиях при  $40 \text{ ГэВ}$ /с показало, что положительный заряд от фрагментации протона-мишени не сосредоточен только в задней полусфере в с.ц.и. ( $\pi^-p$ ), а часть его передается в переднюю полусферу. Аналогичная ситуация наблюдается с отрицательным зарядом от фрагментации налетающего  $\pi^-$ -мезона. Часть этого заряда передается в заднюю полусферу.

Если рассматривать распределение по быстрой среднего заряда  $\langle Q(y) \rangle = \left( \frac{dN^+}{dy} - \frac{dN^-}{dy} \right) / \left( \frac{dN^+}{dy} + \frac{dN^-}{dy} \right)$ , приходящегося на один заряженный адрон в  $\pi^-p$ -столкновениях  $/2/$ , то можно видеть, что  $\langle Q(y) \rangle$  распределен по  $y$  неравномерно, наибольшего значения по абсолютной величине он достигает в областях фрагментации сталкивающихся частиц. В центральной области значение  $\langle Q(y) \rangle$  уменьшается, проходя через 0 вблизи  $y = 0$ .

Увеличение статистики событий от  $\pi^-p$ -взаимодействий позволило рассмотреть зависимость зарядовой асимметрии от числа заряженных частиц в событиях,  $n_{\pm}$ , и поперечного импульса вторичных частиц,  $P_{\perp}$ . Распределения по быстрой  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезонов с различными  $P_{\perp}$  от  $\pi^-p$ -взаимодействий при  $40 \text{ ГэВ}/с$  приведены в работе  $/3/$ .

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

В работе использованы снимки с 2-метровой пропапановой камеры, облученной пучком  $\pi^-$ -мезонов на ускорителе ИФВЭ в Серпухове. После измерения событий,

найденных при просмотре, отобрано 12796 событий неупругих  $\pi^-p$ -взаимодействий. Следует иметь в виду, что в это число входят события от взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов как со свободными протонами, так и с квазисвободными протонами ядра углерода  $\approx 40\%$ .

Среди отобранных событий 1782 оказались неполными, т.е. такими, в которых импульс одной или нескольких частиц не мог быть определен с точностью лучше  $50\%$ ; они были исключены из дальнейшего рассмотрения. Для оставшихся событий введены "веса", чтобы сохранить соотношение между топологическими сечениями  $/4/$ .

При определении продольной быстроты  $y = \frac{1}{2} \ln \frac{E^* + P_{||}^*}{E^* - P_{||}^*}$  /  $E^*$  и  $P_{||}^*$  - энергия и продольный импульс частицы в с.ц.м./ все вторичные заряженные адроны, за исключением идентифицированных протонов, считались пионами. При такой процедуре примесь  $K^-$  и  $\Sigma^-$  составляла примерно  $4\%$  от числа отрицательных частиц, а примесь  $K^+$  и  $\Sigma^+$  - около  $5\%$  от числа положительных пионов<sup>5/</sup>. Кроме того, примерно  $15\%$  от числа положительных частиц приходится на долю неидентифицированных протонов.

### ЗАРЯДОВАЯ АСИММЕТРИЯ И ПОПЕРЕЧНЫЙ ИМПУЛЬС ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ

Все вторичные заряженные частицы были разделены на четыре группы по величине поперечного импульса:

- |                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 1/ $P_{\perp} < 0,2$ ГэВ/с,        | 2/ $0,2 \leq P_{\perp} < 0,5$ ГэВ/с, |
| 3/ $0,5 \leq P_{\perp} < 1$ ГэВ/с, | 4/ $P_{\perp} \geq 1$ ГэВ/с,         |

и для каждой из них получена зависимость отношения числа отрицательных частиц к числу положительных от быстроты  $y$ . Результаты показаны на рис. 1. Отчетливо видно, что частицы с малыми  $P_{\perp}$  независимо от знака заряда рождаются равновероятно в широком интервале  $y$ . Лишь вблизи границ кинематического интервала наблюдаются отклонения отношения  $N^-/N^+$  от 1. В области

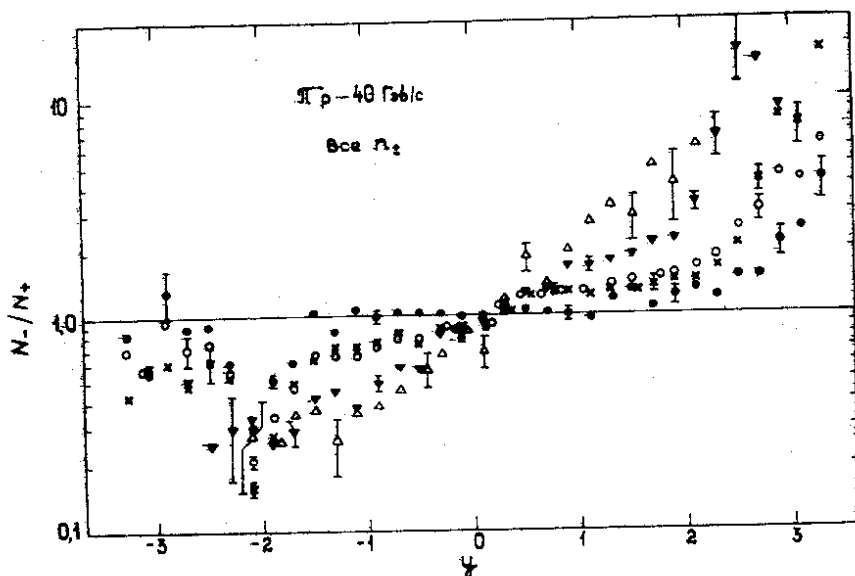


Рис. 1. Отношение  $N_-/N_+$  в зависимости от  $\eta$  для различных интервалов поперечного импульса:  $\bullet$  -  $P_{\perp} < 0,2$  ГэВ/с,  $\times$  -  $0,2 \leq P_{\perp} < 0,5$  ГэВ/с,  $\nabla$  -  $0,5 \leq P_{\perp} < 1$  ГэВ/с,  $\Delta$  -  $P_{\perp} \geq 1$  ГэВ/с,  $\circ$  - все  $P_{\perp}$ .

фрагментации протона преобладают положительные частицы, а в области фрагментации налетающего  $\pi^-$ -мезона - отрицательные.

По мере увеличения поперечного импульса вторичных частиц растет преобладание положительных частиц в задней полусфере и отрицательных - в передней, иными словами, зарядовая асимметрия увеличивается с ростом поперечного импульса. Такой эффект наблюдался ранее для  $\pi^-p$ -взаимодействий при  $16^{1/6}$ ,  $100^{1/6}$  и  $200^{1/7}$  ГэВ/с, а также для  $\bar{p}p$ -взаимодействий при  $22,4$  ГэВ/с<sup>8/</sup>. Тот факт, что частицы с большими  $P_{\perp}$  наиболее чувствительны к зарядам сталкивающихся частиц, согласуется с представлением о том, что частицы с большими поперечными импульсами образуются в результате жесткого соударения энергетичных составляющих сталкивающихся адронов. Такими составляющими могут быть валентные кварки - партоны, несущие квантовые числа исходных адронов. Частицы с малыми поперечными импульсами,

напротив, образуются за счет "моря" партонов и поэтому не "помнят" о первоначальных квантовых числах типа электрического заряда.

На рис. 2 показано распределение среднего заряда частиц  $\langle Q(\eta) \rangle$  по быстроте в центральной области для четырех интервалов поперечного импульса. Видно, что средний заряд отличен от нуля всюду, кроме точки  $\eta = 0$ . Исключение составляют частицы с  $P_{\perp} < 0,2$  ГэВ/с,

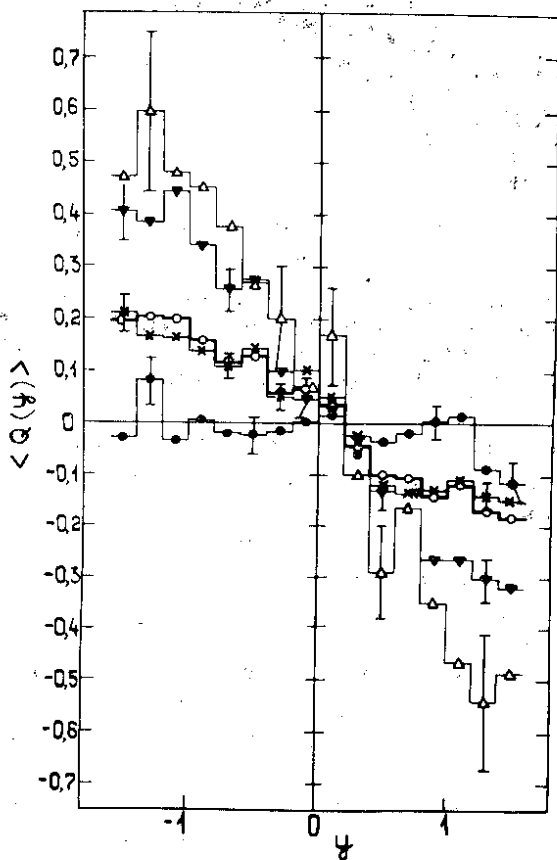


Рис. 2. Распределение среднего заряда по быстроте в центральной области для различных интервалов поперечного импульса: • -  $P_{\perp} < 0,2$  ГэВ/с, × -  $0,2 < P_{\perp} < 0,5$  ГэВ/с, ▼ -  $0,5 \leq P_{\perp} < 1$  ГэВ/с, Δ -  $P_{\perp} \geq 1$  ГэВ/с. ○ - все  $P_{\perp}$ .

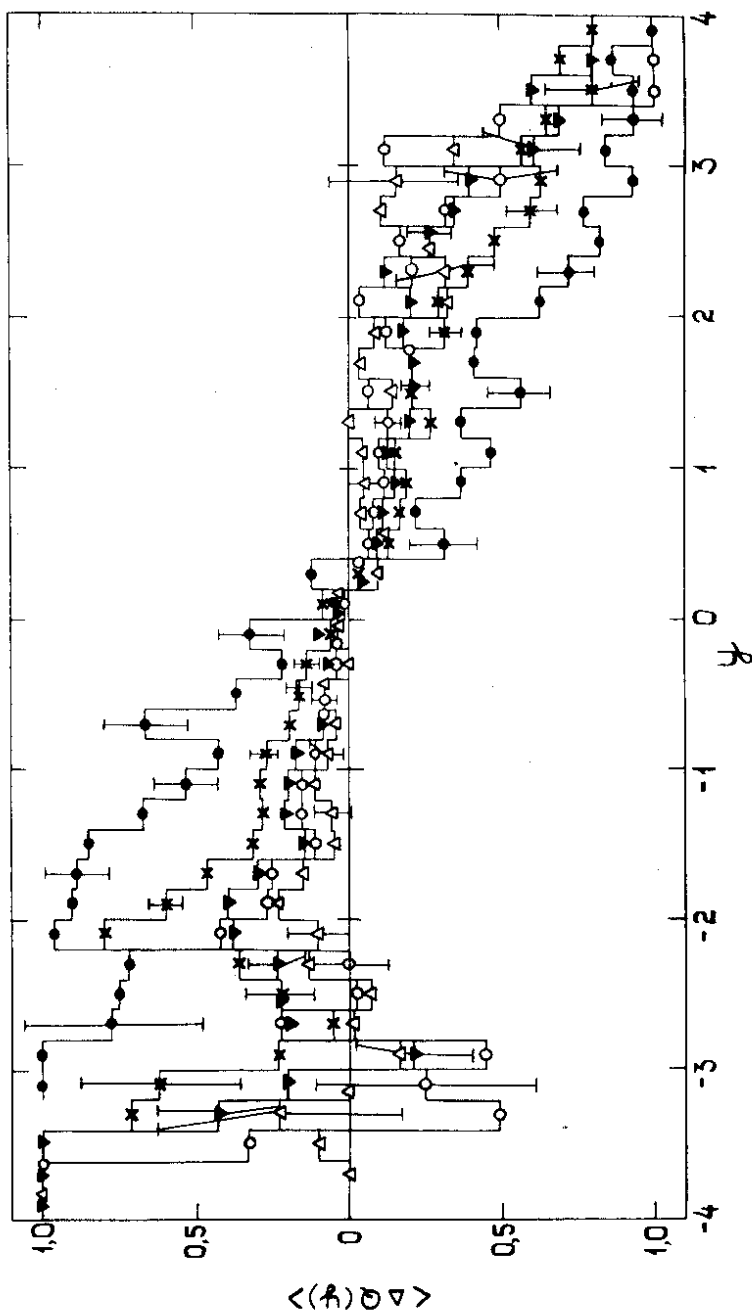


Рис. 3. Распределение среднего заряда по быстрой для событий с различной множественностью вторичных частиц в событиях:  $\bullet - n_{\pm} = 2$ ,  $\times - n_{\pm} = 4$ ,  $\nabla - n_{\pm} = 6$ ,  $\circ - n_{\pm} = 8$ ,  $\Delta - n_{\pm} \geq 10$ .



для которых средний заряд в центральной области близок к нулю. По мере роста поперечного импульса частиц величина среднего заряда увеличивается, достигая максимального значения для частиц с  $P_{\perp} \geq 1 \text{ ГэВ/с}$ .

В данной работе нами несколько подробнее, чем в [2], рассмотрена зависимость зарядовой асимметрии от множественности заряженных частиц в событии. Рис. 3 показывает зависимость  $\langle Q(y) \rangle$  от  $y$  для событий с различными  $n_{\pm}$ . Как и следовало ожидать, наибольшую асимметрию по заряду обнаруживают двухлучевые события. Далее с ростом  $n_{\pm}$  асимметрия убывает. Для многолучевых событий ( $n_{\pm} \geq 10$ ) в центральной области она близка к нулю, но не исчезает совсем. Дополнительное разделение вторичных адронов из этих событий по поперечному импульсу показывает, что последний факт обусловлен присутствием частиц с  $P_{\perp} < 0,5 \text{ ГэВ/с}$ , которые дают асимметричное распределение  $\langle Q(y) \rangle$  по  $y$  даже в событиях с  $n_{\pm} \geq 10$ . Поскольку в многолучевых событиях доля частиц с  $P_{\perp} > 0,5$  невелика ( $\leq 20\%$ ), то невелика и зарядовая асимметрия.

С целью получить более детальное представление о характере зарядовой асимметрии при больших поперечных импульсах были рассмотрены отдельно частицы с  $P_{\perp} \geq 1 \text{ ГэВ/с}$ , вылетающие в переднюю ( $\cos \theta^* > 0$ ) и заднюю ( $\cos \theta^* < 0$ ) полусферы в с.ц.м.

На рис. 4 представлены зависимости среднего числа положительных  $\langle N^+ \rangle$  и отрицательных частиц  $\langle N^- \rangle$  с  $P_{\perp} \geq 1 \text{ ГэВ/с}$  на одно событие в зависимости от числа лучей в этом событии для обеих полусфер. При всех  $n_{\pm}$  видно превышение числа отрицательных частиц с  $P_{\perp} \geq 1 \text{ ГэВ/с}$  над числом положительных в передней полусфере; обратная картина наблюдается в задней полусфере. И среднее число отрицательных и среднее число положительных частиц с  $P_{\perp} \geq 1 \text{ ГэВ/с}$  растут с увеличением множественности частиц в событии почти линейно. При этом, однако, разность  $\langle N^- \rangle - \langle N^+ \rangle$  в передней /или задней/ полусфере почти не меняется с  $n_{\pm}$ . Этот факт можно интерпретировать как наличие в области  $P_{\perp} > 1 \text{ ГэВ/с}$  двух компонент. Одна из них, связанная с жестким соударением валентных кварков-партонов, при-

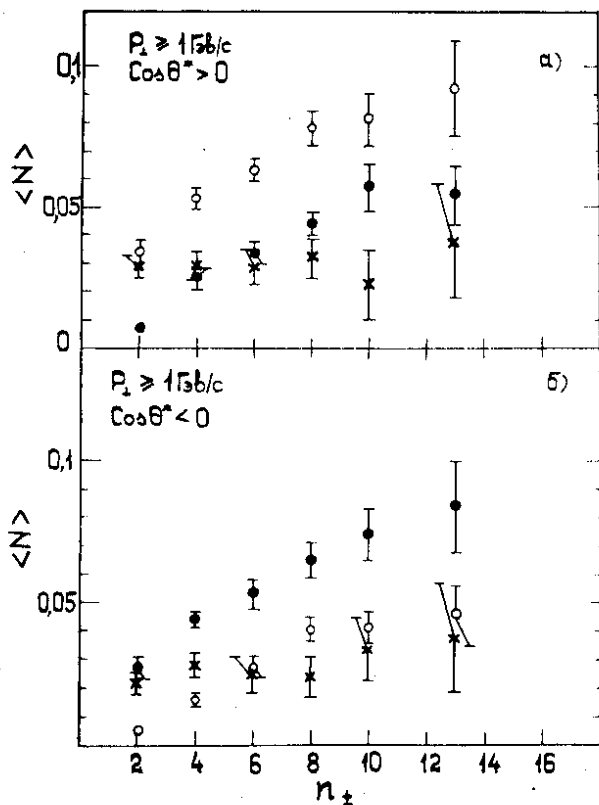


Рис. 4. Распределение среднего числа положительных - ● и отрицательных - ○ частиц с  $P_{\perp} \geq 1 \text{ GeV}/c$  по множественности  $n_+$ : а/ в передней полусфере в с.ц.м., б/ в задней полусфере в с.ц.м. Знаком × на рис. а/ обозначена разность  $\langle N^- \rangle - \langle N^+ \rangle$ , а на рис. б/  $\langle N^+ \rangle - \langle N^- \rangle$ .

водит к появлению в передней полусфере отрицательных, а в задней - положительных частиц и не зависит от множественности адронов  $n_+$ , определяемой, в основном, центральной областью, т.е. "морем". Другая компонента, напротив, связана с "морем" частиц в центральной области. Основная часть таких частиц имеет малые поперечные импульсы, однако "хвост" распределения по  $P_{\perp}$  попадает и в область  $> 1 \text{ GeV}/c$ . В "море", очевидно, число положительных и отрицательных частиц одинаково.

Причем, если распределение по  $P_{\perp}$  слабо зависит от множественности, то число "морских" частиц с  $P_{\perp} \geq 1$  ГэВ/с должно расти пропорционально  $n_{\pm} - 2$ . Именно такая картина и наблюдается на рис. 4, где  $\langle N^+ \rangle$  в передней и  $\langle N^- \rangle$  в задней полусфере пропорциональны  $n_{\pm} - 2$ , а разность  $\langle N^- \rangle - \langle N^+ \rangle$  с ростом  $n_{\pm}$  не меняется.

Рис. 5 показывает, что похожая ситуация имеет место и в области умеренно больших поперечных импульсов  $0,5 \leq P_{\perp} < 1$  ГэВ/с. Некоторое убывание  $\langle N^- \rangle - \langle N^+ \rangle$  с увеличением  $n_{\pm}$  в передней и  $\langle N^+ \rangle - \langle N^- \rangle$  в задней полусфере может быть обусловлено, по крайней мере, частично, перекачкой части неправильно идентифицированных протонов из задней полусферы в переднюю.

Представляет интерес сравнение распределений по поперечному импульсу положительных частиц, вылетающих вперед в с.ц.м. ( $N_{+}^F$ ), и отрицательных, вылетающих назад ( $N_{-}^B$ ). Если такие частицы образуются из "моря" кварков в центральной области, то следует ожидать сходства этих распределений. Из табл. 2 следует, что сходство действительно имеет место /см. значения для  $N_{+}^F$  и  $N_{-}^B$ /.

Что касается частиц, образовавшихся, по-видимому, в результате соударения валентных кварков - партонов, и от фрагментации налетающих частиц, то их распределения по поперечному импульсу в обеих полусферах также оказались очень близкими /см. данные для ( $N_{-}^F - N_{+}^F$ ) и ( $N_{+}^B - N_{-}^B$ ) в табл. 2/.

Последний факт может быть следствием баланса поперечных импульсов для сталкивающихся кварков. С другой стороны, сами распределения по поперечному импульсу для частиц указанных двух типов явно различны. Частицы из "моря" имеют существенно более мягкий спектр.

В табл. 2 представлены результаты для событий с числом лучей 4 и более.

Представление о существовании двух компонент в области  $P_{\perp} \geq 1$  ГэВ может быть проверено и по зависимости отношения числа отрицательных и положительных

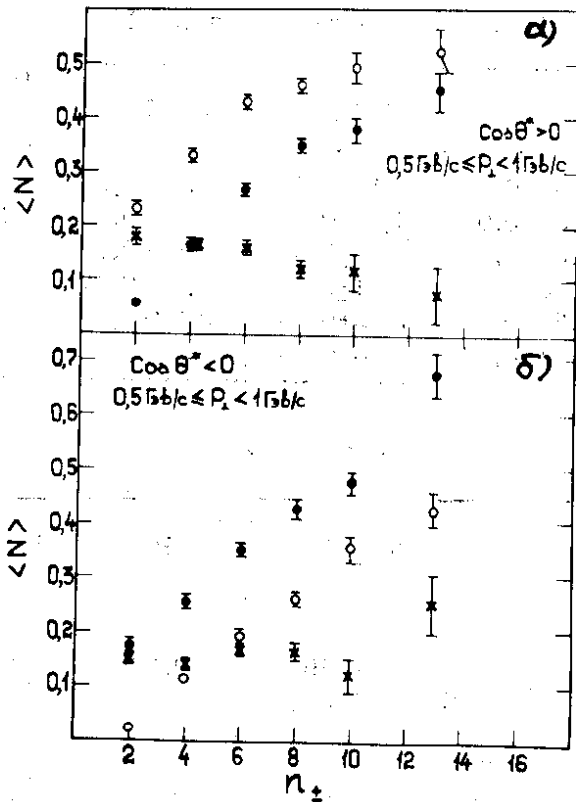


Рис. 5. Распределение среднего числа положительных - ● и отрицательных - ○ - частиц с  $0,5 \leq P_{\perp} < 1$  ГэВ/с по множественности  $n_{\perp}$ : а/ в передней полусфере в с.ц.м., б/ в задней полусфере в с.ц.м. Знаком × на рис. а/ обозначена разность  $\langle N^{-} \rangle - \langle N^{+} \rangle$ , а на рис. б/ -  $\langle N^{+} \rangle - \langle N^{-} \rangle$ .

частиц,  $N^{-}/N^{+}$ , в передней полусфере от энергии сталкивающихся частиц. Поскольку распределение по  $P_{\perp}$  для "морских" частиц является универсальным, отношение  $N^{-}/N^{+}$  при малых  $y$  /центральная область/ не должно зависеть от энергии. В то же время образование частиц с  $P_{\perp} \geq 1$  ГэВ/с в результате жесткого соударения составляющих адрона должно происходить тем легче, чем выше энергия. В результате для больших  $|y|$  /область фрагментации/ и  $P_{\perp} \geq 1$  ГэВ/с надо ожидать увеличения отношения  $N^{-}/N^{+}$  с энергией в передней полусфере.

Таблица 1. Отношения  $N^-/N^+$ 

$P_{\perp}$ (ГэВ/с) у	$P_{\perp} < 0,5$	$0,5 \leq P_{\perp} < 1$	$P_{\perp} > 1$	$P_{\pi^-}$ (ГэВ/с)
$y < -0,4$	$0,68 \pm 0,01$	$0,45 \pm 0,02$	$0,40 \pm 0,04$	40
	$0,67 \pm 0,03$	$0,54 \pm 0,05$	$0,29 \pm 0,10$	205
$-0,4 \leq y < 0,4$	$0,95 \pm 0,02$	$0,94 \pm 0,03$	$0,83 \pm 0,07$	40
	$1,00 \pm 0,06$	$1,31 \pm 0,16$	$1,25 \pm 0,37$	205
$y \geq 0,4$	$1,38 \pm 0,02$	$1,92 \pm 0,06$	$2,52 \pm 0,18$	40
	$1,31 \pm 0,06$	$1,88 \pm 0,15$	$3,68 \pm 0,91$	205

Таблица 2.

$P_{\perp}$ ГэВ/с	$P_{\perp} < 0,2$	$0,2 \leq P_{\perp} < 0,5$	$0,5 \leq P_{\perp} < 1$	$P_{\perp} \geq 1$
$\frac{N_+^F(P_{\perp})}{N_+^F}$	$0,307$ $\pm 0,005$	$0,495$ $\pm 0,005$	$0,174$ $\pm 0,004$	$0,024$ $\pm 0,001$
$\frac{N_-^B(P_{\perp})}{N_+^B}$	$0,319$ $\pm 0,006$	$0,484$ $\pm 0,006$	$0,172$ $\pm 0,004$	$0,024$ $\pm 0,001$
$\frac{(N_-^F - N_+^F)(P_{\perp})}{N_-^F - N_+^F}$	$0,613 \pm 0,012$		$0,324$ $\pm 0,009$	$0,063$ $\pm 0,004$
$\frac{(N_+^B - N_-^B)(P_{\perp})}{N_+^B - N_-^B}$	$0,615 \pm 0,012$		$0,326$ $\pm 0,009$	$0,058$ $\pm 0,004$

Аналогичным образом должно вести себя и отношение  $N^+/N^-$  в задней полусфере. Из табл. 1, где производится сравнение наших результатов с данными эксперимента при 205 ГэВ/с [7], видно, что при  $P_{\perp} \geq 1$  ГэВ/с описанная ситуация действительно имеет место. При меньших поперечных импульсах отношения  $N^-/N^+$  практически одинаковы для обеих энергий.

Авторы выражают благодарность участникам сотрудничества по обработке снимков с 2-метровой пропановой камеры за предоставление экспериментального материала и полезные обсуждения, И.А.Первушиной - за оформление рисунков. Нам приятно поблагодарить лаборантов за просмотр и измерения событий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кладницкая Е.Н. и др. ОИЯИ, Д-8859, Дубна, 1975; ЯФ, 1976, 23, 809.
2. Кладницкая Е.Н., Шехтер В.М., Щеглова Л.М. ОИЯИ, Р1-10327, Дубна, 1976.
3. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, Р1-10672, Дубна, 1977.
4. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, Р1-9785, Дубна, 1976.
5. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, Р1-7267, Дубна, 1973; ЯФ, 1973, 18, 1251; Nucl.Phys., 1974, В79, 57.
6. Bartke J. e.a. Nucl.Phys., 1976, В117, 293.
7. Fretter W.B. e.a. Phys.Lett., 1975, 57В, 197.
8. Boos E.G. e.a. JINR, E1-10453, Dubna, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел  
20 сентября 1977 года.