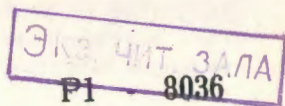


ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



8036



Н.Ангелов, И.А.Ивановская, Е.Н.Кладницкая,
Н.Н.Мельникова, А.Михул, Н.Г.Фадеев,
Л.Анёла, Е.Бартке

ЗАРЯДОВЫЙ ОБМЕН В π^-p - ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 ГЭВ/С

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P1 - 8036

Н.Ангелов, И.А.Ивановская, Е.Н.Кладницкая,
Н.Н.Мельникова, А.Михул, Н.Г.Фадеев,
Л.Анёла,* Е.Бартке*

ЗАРЯДОВЫЙ ОБМЕН В π^-p - ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 ГЭВ/С

Направлено в ЯФ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

* Институт ядерной физики и ядерной техники, Краков

S U M M A R Y

Multiparticle production in π^-p -interactions was studied from a viewpoint of charge exchange between the total charge of forward going particles and of the incident π^- -meson. The average charge exchange was found to be equal to $\langle \Delta Q \rangle = 0.490 \pm 0.015$. The most part of inelastic events ($\approx 80\%$) have $\Delta Q = 0$ and $Q = 1$, thus indicating to the essential role of multiperipheral processes.

Distributions on value $(\Delta Q - \langle \Delta Q \rangle)$ do not depend upon the type of colliding particle and energy in the interval of (10-205 GeV/c).

The average charge exchange and the dispersion of ΔQ values are compared with the predictions of multiperipheral and fragmentation models.

В В Е Д Е Н И Е

В настоящей работе исследуется множественное рождение частиц в Pp -взаимодействиях при 40 ГэВ/с с точки зрения обмена электрическим зарядом между налетающей частицей и группой частиц, вылетающих вперед в системе центра масс.

Для такого рода исследований обычно используется величина ΔQ , определяемая для каждого события и равная разности между суммарным зарядом, уносимым вторичными частицами, летящими в с.ц.м. в переднюю полусферу ($y^* \geq 0$), и зарядом налетающей частицы,

$$\Delta Q = \sum_{i=0}^n a_i - a_a$$

где a_i - заряд i -ой частицы,

n - число частиц в событии с продольной скоростью в с.ц.м. $y^* \geq 0$

a_a - заряд налетающей частицы.

В нашем случае $a_a = -1$, и величина $\Delta Q = \sum_{i=0}^n a_i + 1$.

Величина $\langle \Delta Q \rangle$ может оказаться полезной при сравнении экспериментальных данных с моделями множественного рождения частиц.

Существенным свойством фрагментационной модели^{/1/} является отсутствие зарядового обмена ($\Delta Q = 0$) для большинства взаимодействий частиц при бесконечно большой энергии. Иными словами, суммарный заряд фрагментов мишени должен быть равен заряду мишени, а суммарный заряд фрагментов налетающей частицы, соответственно, должен совпадать с её зарядом.

В модели Чу и Янга^{/1/} с увеличением энергии налетающей частицы сечение процессов с $\Delta Q \neq 0$ должно стремиться к нулю, а сечение процессов с $\Delta Q = 0$ - к неравной нулю константе.

При этом для квадрата дисперсии $D^2 = \langle \Delta Q^2 \rangle - \langle \Delta Q \rangle^2$ ожидается рост с энергией $\sim \sqrt{5}$ за счёт событий с большой множественностью вторичных заряженных частиц, в которых может иметь место "переход" фрагментов из одной полусферы в другую.

Квиг и Томас^{2/} рассмотрели поведение среднего значения ΔQ ($\langle \Delta Q \rangle$) с энергией в рамках мультипериферической модели. Их предсказания сводятся к тому, что $\langle \Delta Q \rangle$ с ростом энергии должно стремиться к нулю, а D^2 — к постоянной, не равной нулю величине.

Экспериментальные данные, полученные в настоящей работе для Π^- -взаимодействий при 40 ГэВ/с, сравниваются с результатами аналогичных исследований для K^- -взаимодействий при 10 и 16 ГэВ/с^{3/} и pp -взаимодействий при 12^{4/}, 24^{4/}, 102^{5/}, 12^{6/} и 205^{5,13/} ГэВ/с.

1. Экспериментальный материал

В работе использовались снимки с 2-метровой пропановой пузырьковой камеры, облученной в пучке Π^- -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с на ускорителе ИФВЭ в Серпухове. По критериям, изложенным в работе^{6/}, было отобрано 1224 события Π^- -взаимодействий. Все вторичные отрицательные частицы считались Π^- -мезонами. Примесь K^- и Σ^- среди них составляет $\approx 4\%$ ^{7/}. Из положительных частиц по ионизации выделялись протоны с импульсом до 800 МэВ/с. Они составляют $\approx 50\%$ от полного числа вторичных протонов^{x)}. Остальные положительные частицы принимались за Π^+ -мезоны. Среди них примесь протонов составляет $\approx 16\%$, а примесь K^+ и Σ^+ частиц — примерно 5% ^{7/}. Для распределений по величине ΔQ были использованы 4082

x) С учётом коэффициента перезарядки протона в нейтрон $\alpha = 0,36\frac{8}{9} \pm 0,04$.

события, у которых были определены углы и импульсы всех вторичных заряженных частиц.

Следует иметь в виду, что быстрые неидентифицированных протонов ($P \geq 800$ МэВ/с), принятых при переходе в с.ц.м. за Π^+ -мезоны, будут смещаться по оси быстрот в сторону больших значений, вплоть до изменения знака быстроты (переход протона в переднюю полусферу). В событиях с такими протонами значение ΔQ будет на единицу больше по сравнению с истинным. Поскольку доля таких событий не превышает нескольких процентов, в дальнейшем такого рода погрешностями пренебрегали.

2. Распределение Π^- -событий по ΔQ

Распределение Π^- событий по ΔQ ($y^* = 0$) приведено в таблице I. Показаны относительные вклады сечений с различными ΔQ в неупругое сечение Π^- -взаимодействий. Значения ΔQ меняются от -3 до +5. Среднее значение ΔQ не равно нулю, а смещено в сторону положительных значений, $\langle \Delta Q \rangle = 0,490 \pm 0,015$. Из таблицы I видно, что наибольший вклад в неупругое сечение дают события с $\Delta Q = 0$ (43,5 \pm 1,2)% и $\Delta Q = 1$ (33,8 \pm 1,1)%. Квадрат дисперсии этого распределения по ΔQ равен $0,906 \pm 0,023$.

Если сместить границу раздела двух областей по y^* с нуля на +1 или -1, то получим новые распределения событий по ΔQ , которые сходны между собой и отличаются от распределения по ΔQ ($y^* = 0$) уменьшением доли событий с максимальными значениями $|\Delta Q|$ (см. табл. I). Последнее обстоятельство приводит к уменьшению дисперсий этих распределений. Среднее значение ΔQ ($y^* = -1$) в пределах ошибок совпадает с $\langle \Delta Q \rangle$ ($y^* = +1$), что свидетельствует о близости суммарного заряда частиц к нулю

Таблица I

% неупругих событий с данными ΔQ

ΔQ	$y^* = -1$	$y^* = 0$	$y^* = +1$
-3	0,05±0,04	0,20±0,07	0,02±0,02
-2	0,41±0,10	1,18±0,17	0,66±0,13
-1	5,73±0,38	9,16±0,49	7,45±0,44
0	39,4 ±1,16	43,5±1,24	41,6 ±1,20
+1	41,0±1,19	33,8±1,05	35,8±1,09
+2	11,6±0,56	9,65±0,51	12,3±0,58
+3	1,62±0,20	2,03±0,23	1,96±0,23
+4	0,12±0,05	0,42±0,10	0,27±0,08
+5	0,02±0,02	0,05±0,04	0,00±
$\langle \Delta Q \rangle$	0,630±0,014	0,490±0,015	0,585±0,016
$\langle \Delta Q \rangle^2$	0,726±0,017	0,906±0,023	0,830±0,018

в интервале $-1 \leq y^* \leq +1$. Ранее было показано¹⁹⁾, что в центральной области число положительных и отрицательных частиц одинаково.

Сравнение распределения Π_r - взаимодействий по $\Delta Q (y^*=0)$ при 40 ГэВ/с с аналогичным распределением K_r - взаимодействий при 16 ГэВ/с обнаруживает у них общие черты, а именно:

- 1) смещение среднего значения ΔQ в сторону положительных значений;
- 2) близкие величины средних значений ΔQ ;
- 3) преобладающий вклад событий с $\Delta Q = 0$ и $\Delta Q = +1$ ($\approx 80\%$).

Для сравнения распределений по ΔQ взаимодействий частиц разного типа при различных энергиях введена переменная ($\Delta Q - \langle \Delta Q \rangle$). На рис. I показаны распределения по величине ($\Delta Q - \langle \Delta Q \rangle$) Π_r - взаимодействий при 40 ГэВ/с, K_r - событий при 10 и 16^{2/3} ГэВ/с и pp-взаимодействий от 12 до 205 ГэВ/с^{4,5,12,13}. Видно, что все эти распределения практически не зависят от типа сталкивающихся частиц и их энергии и могут быть описаны одной кривой гауссовского типа. Обращает на себя внимание тот факт, что при изменении импульса первичного протона от 12 до 205 ГэВ/с вклад событий с $\Delta Q = 0$ и $\Delta Q = +1$ изменяется незначительно ($< 5\%$). При 205 ГэВ/с как и при 12 ГэВ/с в pp-взаимодействии основной вклад дают события с $\Delta Q = 0$ и $|\Delta Q| = 1$.

3. Зависимость зарядового обмена от множественности вторичных заряженных частиц.

Рассмотрим как изменяется среднее значение ΔQ , а также вклад событий с различным ΔQ в зависимости от числа заряженных частиц в событии (P_{\pm}).

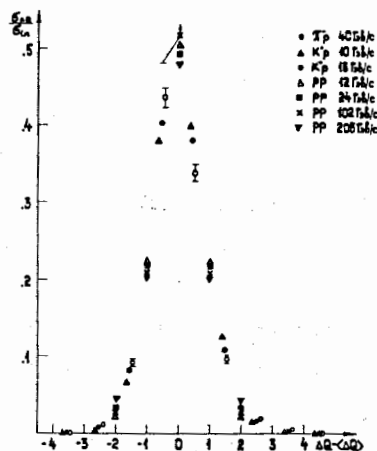


Рис.1. Распределение событий от Pp , Kp и pp -взаимодействий по величине $(\Delta Q - \langle \Delta Q \rangle)$. Данные для Kp - и pp -взаимодействий взяты из [5].

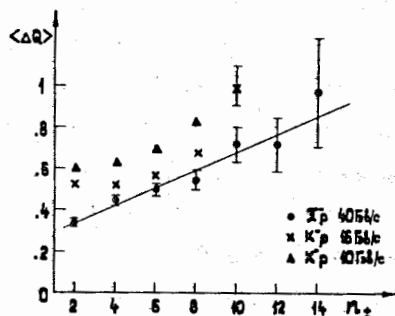


Рис.2. Зависимость $\langle \Delta Q \rangle$ от множественности заряженных частиц в событии для Pp -и Kp -взаимодействий. Прямая проведена от руки.

На рис.2 можно видеть, что среднее значение ΔQ растет линейно с увеличением n_{\pm} для Pp -взаимодействий при 40 ГэВ/с, достигая $\langle \Delta Q \rangle \approx 1$ при максимальной множественности. Подобное явление наблюдается и для Kp -взаимодействий (рис.2).

Относительный вклад событий с разным ΔQ в каждую топологию показан на рис.3. Следует отметить, что события с $\Delta Q = 0$ составляют наибольшую долю среди двух- и четырехлучевых событий, с увеличением множественности заряженных частиц доля таких событий убывает. Вклад событий с $\Delta Q = +1$ слабо зависит от числа заряженных частиц в событии, оставаясь на уровне (25-35%).

Линейно с увеличением n_{\pm} растет и квадрат дисперсии распределений по ΔQ (рис.4). Из рисунка 4 видно, что с увеличением энергии сталкивающихся частиц скорость роста D^2 в зависимости от n_{\pm} уменьшается.

Распределение Pp событий по множественности заряженных частиц при 40 ГэВ/с в переменных $\frac{\langle n_{\pm} \rangle \sigma_n}{\sigma_{in}}$ и $\frac{n_{\pm}}{\langle n_{\pm} \rangle}$ удовлетворительно описывается универсальной кривой (КНО-скейлинг) [10,11]. На рис.5 эта универсальная кривая для топологических сечений приведена вместе с кривыми, характеризующими распределения Pp -событий с различными ΔQ : $\frac{\langle n_{\pm} \rangle \sigma_{\Delta Q}}{\sigma_{in}} = \psi_{\Delta Q}(\frac{n_{\pm}}{\langle n_{\pm} \rangle})$.

Интересно проследить энергетическую зависимость этих распределений. Если с увеличением энергии сечения каналов с $\Delta Q \neq 0$ уменьшаются, как предсказывает фрагментационная модель [1], то кривая, соответствующая $\Delta Q = 0$, должна приближаться к универсальной кривой для всех ΔQ .

К сожалению, таких данных мало. Мы могли сравнить наши результаты только с данными для pp -взаимодействий при 12,24/4 и 205/12 ГэВ/с (рис.6 для событий с $\Delta Q = 0$, рис.7-для $\Delta Q = 1$).

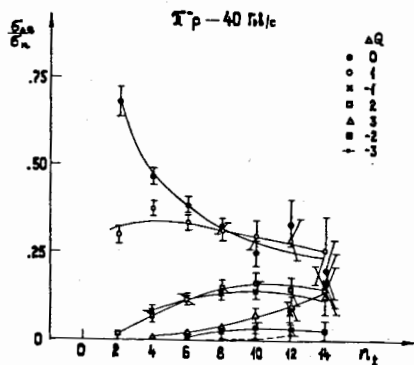


Рис.3. Распределение событий от Pp -взаимодействий при 40 ГэВ/с с различными ΔQ по множественности заряженных частиц в событии. Кривые проведены от руки для ориентировки.

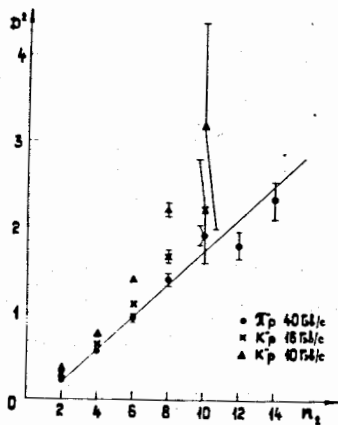


Рис.4. Зависимость квадрата дисперсии от множественности заряженных частиц в событии для Pp -и $Kp^{3/}$ -взаимодействий.

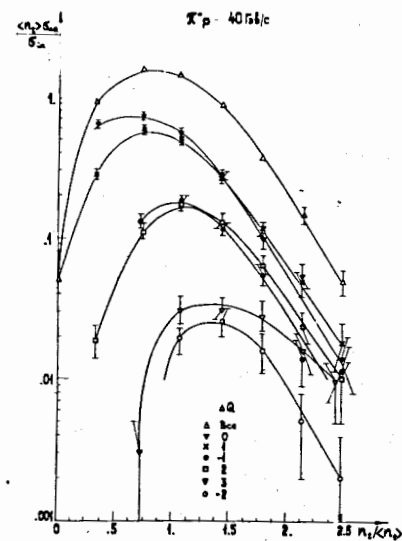


Рис.5. Зависимость величины $\langle n_{\pm} \rangle \sigma_{\Delta Q} / \sigma_{in}$ для различных ΔQ от $n_{\pm} / \langle n_{\pm} \rangle$ для Pp -взаимодействий при 40 ГэВ/с. Кривые для всех ΔQ взята из /11/. Другие кривые проведены от руки.

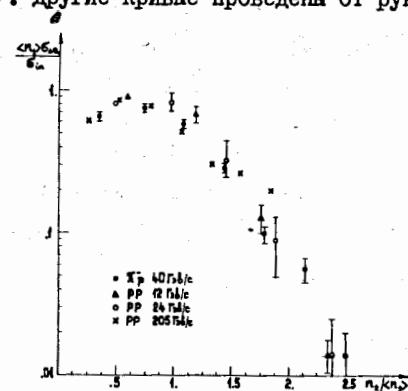


Рис.6. Зависимость величины $\langle n_{\pm} \rangle \sigma_{\Delta Q=0} / \sigma_{in}$ от $n_{\pm} / \langle n_{\pm} \rangle$ для Pp - и pp -взаимодействий.

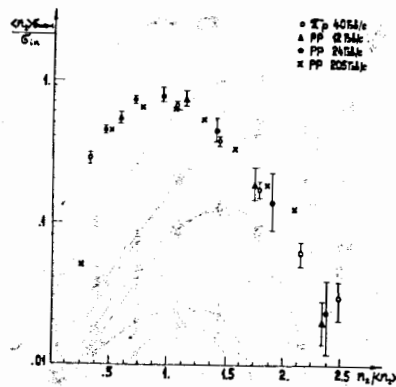


Рис.7 Зависимость $\langle n_{\pm} \rangle \sigma_{|\Delta Q|=1} / \sigma_{in}$ от $n_{\pm} / \langle n_{\pm} \rangle$ для πp и pp -взаимодействий.

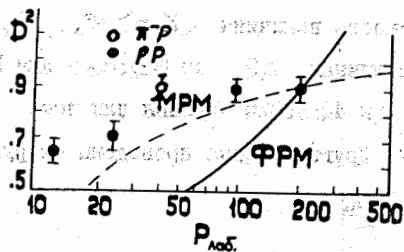


Рис.8. Зависимость D^2 от импульса первичной частицы в лаб. системе для pp -взаимодействий $\sqrt{13}$. Указано также значение D^2 для πp -взаимодействий при 40 ГэВ/с.

Видно, что функции $\Psi_{|\Delta Q|=0} \left(\frac{n_{\pm}}{\langle n_{\pm} \rangle} \right)$ имеют одинаковый вид для указанных взаимодействий. То же самое относится к функциям

$\Psi_{|\Delta Q|=1} = 1$. Если с увеличением энергии налетающих частиц, сечения каналов с $|\Delta Q| \neq 0$ не будут убывать, что ожидается по мультипериферической модели ^{/2/}, возможно, обнаружатся универсальные зависимости $\frac{\langle n_{\pm} \rangle \sigma_{|\Delta Q|=1}}{\sigma_{in}}$ от $\frac{n_{\pm}}{\langle n_{\pm} \rangle}$ для каждого значения $|\Delta Q|$ (0, 1, 2, ..).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Анализ зарядового обмена в πp -взаимодействиях при 40 ГэВ/с и сравнение с данными при других энергиях показали:
- 1) среднее значение ΔQ отлично от нуля ($\langle \Delta Q \rangle = 0,490 \pm 0,015$), что говорит о существенной роли недифракционных процессов в рассматриваемых взаимодействиях;
 - 2) значительный вклад в распределение по ΔQ событий с $\Delta Q = 0$ ($43,5 \pm 1,2\%$) и $\Delta Q = 1$ ($33,8 \pm 1,1\%$) указывает на преимущественную роль процессов мультипериферического типа;
 - 3) среднее значение ΔQ имеет наименьшее значение в двухлучевых событиях и растет с увеличением числа заряженных частиц в событии. Это частично можно объяснить вкладом дифракционной компоненты в события с малой множественностью ^{/14/};
 - 4) квадрат дисперсии распределения по ΔQ линейно растет с увеличением множественности заряженных частиц при данной энергии в согласии с предсказанием мультипериферической модели с кластерами ^{/2/};
 - 5) сравнение распределений по $(\Delta Q - \langle \Delta Q \rangle)$ для $\pi p, \pi^- p$ и pp -взаимодействий в интервале

импульсов от 10 до 205 ГэВ показывает, что они практически не зависят от типа сталкивающихся частиц и их энергии и могут быть описаны одной кривой гауссовского типа;

6) распределения Π_r - взаимодействий при 40 ГэВ/с и pp -взаимодействий при 12,24 и 205 ГэВ/с по множественности заряженных частиц в переменных $\frac{\langle n_{\pm} \rangle \sigma_{\Delta a=c}}{\sigma_{in}}$ и $\frac{n_{\pm}}{\langle n_{\pm} \rangle}$ имеют одинаковый вид. Аналогичное заключение можно сделать для распределений тех же взаимодействий в переменных $\frac{\langle n_{\pm} \rangle \sigma_{|\Delta a|=1}}{\sigma_{in}}$ и $\frac{n_{\pm}}{\langle n_{\pm} \rangle}$, т.е. для процессов при высоких энергиях возможно существуют предельные зависимости $\Psi_{|\Delta a|}(\frac{n_{\pm}}{\langle n_{\pm} \rangle})$ для каждого $|\Delta a|$;

7) имеющиеся для pp -взаимодействий данные показывают, что вклад событий с $\Delta a \neq 0$ практически не уменьшается с ростом энергии вплоть до 205 ГэВ/с, что находится в согласии с мультипериферической моделью^{/2/}. На согласие с этой моделью указывает и зависимость D^2 от импульса налетающей частицы в лаб. системе (рис.8).

Авторы выражают благодарность А.У.Абдурахимову, К.П.Вишневской, В.Г.Гришину, Л.А.Диденко, Т.Канарек, Ш.В.Иногамову, Т.Я.Иногамовой, В.Б.Любимову, В.Ф., Никитиной, В.М. Поповой, М.Сабэу, Х.И.Семерджиеву, Л.Н.Смирновой, М.И.Соловьеву, А.Н.Соломину, П.М.Суд, Х.Я.Супичакову, Ю.В.Тевзадзе, Э.Т.Цивци-

вадзе, Л.М.Щегловой, Г.Янчо за участие в обработке событий, полезные обсуждения и советы.

Авторы благодарны лаборантам за просмотр и измерения событий, а также И.А.Первушиной за помощь в оформлении рисунков.

ЛИТЕРАТУРА

1. T.T.Chou and C.N.Yang, Phys. Rev. D7, 1425 (1973).
2. C.Quigg and G.H.Thomas, Phys. Rev. D7, 2752 (1973).
3. Aachen-Berlin-CERN-London-Vienna Collaboration
P.Bosetti, M.Deutschmann, H.Kirk et al.NuclPhys.B62,46 (1973)
4. Bonn-Hamburg-Munchen Collaboration
U.Idschok, P.Kobe et al., MPI-PAE/EXP. EI. 29 (1973).
5. H.Wahl, Aix-en-Provence conf., p. 373, (1973).
6. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, В.А.Беляков и др.
Сообщения ОИЯИ I-6967, Дубна, 1973.
7. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, К.П.Вишневская и др.
Препринт ОИЯИ PI-7267, Препринт ИАФ (Бухарест) HE-82, 1973
ИЯФ, т. 18, в.6, 1251 (1973).
8. V.G.Grishin, G.Jančso, S.P.Kuleshov, V.A.Matveev, A.N.Sissakian, Preprint JINR E-2-6596, Dubna (1972) Lett. Nuovo Cim., 8, 590 (1973).
9. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, К.П.Вишневская и др.
Препринт ОИЯИ, PI-7103, Дубна, 1973, ИЯФ, т.13, в.3, 545 (1973).
Nucl. Phys. B72, 189 (1974).
10. а) Z.Koba, H.B.Nillson and P.Olesen, Nucl. Phys., B40, 317 (1972),
б) A.J.Buras and Z.Koba, NBI-HE-73-1 Copenhagen, Danmark
с) А.У.Абдурахимов. Автореферат диссертации, I-7459, Дубна, 1973.
11. P.Slattery Phys. Rev. Lett., 29, 1624 (1972).
12. J.Whitmore NAL-Pub-73/70-exp. (Submitted to Physics Reports).
13. C.M.Bromberg, D.Chaney, D.Cohen et al. Phys.Rev. D9/1864(1974).
14. Н.Ангелов, К.П.Вишневская, В.Г.Гришин и др.
Препринт ОИЯИ, PI-7924, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 июня 1974 года.