

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



          
К-471

29/xii-75

P1 - 9177

Е.Н.Кладницкая, А.Михул, П.Суд

5005/2-75

ИЗУЧЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННОСТИ  
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
В ПЕРЕДНЕЙ И ЗАДНЕЙ ПОЛУСФЕРАХ  
В  $\pi^-_p$ - И  $\pi^-_n$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ 40 ГЭВ/С

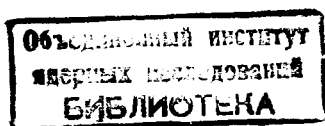
**1975**

P1 - 9177

Е.Н.Кладницкая, А.Михул, П.Суд

ИЗУЧЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННОСТИ  
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
В ПЕРЕДНЕЙ И ЗАДНЕЙ ПОЛУСФЕРАХ  
В  $\pi^-p$ - И  $\pi^-n$  - ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ 40 ГЭВ/С

Направлено в ЯФ



## Введение

В последние годы исследование процессов множественного рождения привлекает все большее и большее внимание физиков в связи с возможностью широкого использования частиц высоких энергий. Для интерпретации этих процессов было развито большое количество моделей, которые можно сгруппировать следующим образом: фрагментационные модели <sup>/1,2/</sup>, мультипериферические <sup>/3-6/</sup> и двухкомпонентные <sup>/7/</sup>. Последние, в сущности, являются комбинацией первых двух. Предложены различные способы экспериментальной проверки этих моделей. Среди них - исследование разного рода распределений по множественности вторичных частиц <sup>/8/</sup>, сравнение спектров вторичных частиц <sup>/9/</sup>, а также распределений событий по квантовым числам частиц, образовавшихся во взаимодействии <sup>/1,10/</sup>.

Многочисленные сравнения экспериментальных данных, полученных для взаимодействий элементарных частиц в широком интервале достигнутых энергий, показывают, что процессы множественного рождения частиц не могут быть описаны только фрагментационной или только мультипериферической моделью. Фрагментация налетающих частиц осуществляется лишь в 10-20% взаимодействий <sup>/11-13/</sup>. В остальных образовании частиц можно интерпретировать в рамках мультипериферических моделей. Однако до полного выяснения механизма взаимодействия частиц еще, по-видимому, очень далеко, и любые усилия в этом направлении должны приветствоваться.

В эксперименте, поставленном ОИЯИ на ускорителе в Серпухове по облучению 2-метровой пропановой камеры в пучке  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с, был получен значительный материал по множественному рождению

частиц в  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -взаимодействиях. На основе этого материала проведены исследования<sup>/9,13,14/</sup> по определению вклада различных процессов в эти взаимодействия.

В настоящей работе анализировалась множественность вторичных заряженных частиц, вылетающих в переднюю и заднюю полусферы в системе центра масс в  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -взаимодействиях, а также корреляции между соответствующими множественностями. Сравнение данных для  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -взаимодействий позволяет выяснить влияние типа нуклона-мишени на изучаемые характеристики.

### 1. Экспериментальный материал

Отбор  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -событий, а также оценка состава вторичных заряженных частиц описаны в работах<sup>/15,17/</sup>. Из отобранных  $\pi^-p$ -взаимодействий были исключены события упругого  $\pi^-p$ -рассеяния, а из 3- и 5-лучевых событий исключена примесь событий, связанная с когерентным рождением пионов на углероде. При этом были взяты<sup>/16/</sup>  $\sigma_3^{КОГ} = 4,4$  мб и  $\sigma_5^{КОГ} = 0,3$  мб. Протоны с импульсом до 700 МэВ/с идентифицировались по ионизации, протоны с большим импульсом считались  $\pi^+$ -мезонами. Такой подход, естественно, искажает распределения положительных частиц и завышает их число в передней полусфере. Для оценки этих искажений использовались  $\pi^-p$ -события, искусственно полученные по модели Чернавского и др.<sup>/9/</sup>. Эта оценка показала, что в  $7 \pm 1\%$   $\pi^-p$ -событий происходит переход быстрого протона вперед в с.ц.м., если его принять за  $\pi^+$ -мезон. Вероятность такого перехода возрастает с увеличением числа частиц в событии. Если в двухлучевых событиях переход имеет место в 1%, то в 12-лучевых - он происходит в 23% событий.

Для дальнейшего анализа использованы 4142  $\pi^-p$ -события и 1300  $\pi^-n$ -событий. Среди  $\pi^-p$ -событий имеется примесь от взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов на квазисвободных протонах ядра углерода  $\approx 40\%$ .

### 2. Распределение $\pi^-p$ и $\pi^-n$ -событий по числу заряженных частиц в передней и задней полусферах в системе центра масс

Представляет интерес посмотреть, каким образом вторичные заряженные частицы распределяются между полусферами в с.ц.м. в  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -взаимодействиях, где сталкивающиеся частицы неодинаковы.

На рис. 1 показаны распределения  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$  событий по множественности вторичных заряженных частиц в передней ( $n_F$ ) и задней ( $n_B$ ) полусферах. Видно, что в передней полусфере / $\pi^-$ -мезона/ эти распределения в пределах ошибок совпадают /рис. 1а/. То же самое можно сказать и о средних значениях  $n_F$  для  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -взаимодействий.

$$\langle n_F \rangle^{\pi^-p} = 2,99 \pm 0,03, \quad \langle n_F \rangle^{\pi^-n} = 3,10 \pm 0,05.$$

Обращает на себя внимание вид распределений на рис. 1а, в частности, наличие максимумов при  $n = 1$  и  $n = 3$ . Эти максимумы обусловлены событиями с дифракционной диссоциацией  $\pi^-$ -мезона<sup>/13/</sup> /рис. 2а/. Распределения  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -событий по числу заряженных частиц, вылетающих назад в с.ц.м., имеют одинаковый вид для  $n_B \geq 2$  и существенно различаются при меньших  $n_B$  /рис. 1б/. Здесь также имеет место влияние событий с дифракционной диссоциацией  $\pi^-$ -мезона. Для  $\pi^-p$ -взаимодействий это события с  $n_B = 1$  /рис. 2б/, а для  $\pi^-n$  - с  $n_B = 0$ . Кроме того, сказывается различие зарядов нуклонов мишени и для недифракционных событий. Это различие нашло отражение и в средних значениях  $n_B$ :  $\langle n_B \rangle^{\pi^-p} = 2,48 \pm 0,03$ , а  $\langle n_B \rangle^{\pi^-n} = 2,03 \pm 0,05$ . Следует отметить, что в среднем вперед в с.ц.м. вылетает больше заряженных частиц, чем назад, как в  $\pi^-p$ , так и в  $\pi^-n$ -взаимодействиях.

$$\Delta^{\pi^-p} = \langle n_F \rangle^{\pi^-p} - \langle n_B \rangle^{\pi^-p} = 0,51 \pm 0,05^*$$

$$\Delta^{\pi^-n} = \langle n_F \rangle^{\pi^-n} - \langle n_B \rangle^{\pi^-n} = 1,07 \pm 0,08.$$

\*  $\Delta^{\pi^-p} = 0,37 \pm 0,07$ , если учесть оценку, полученную для числа быстрых протонов, перешедших в переднюю полусферу /см. п.1/.

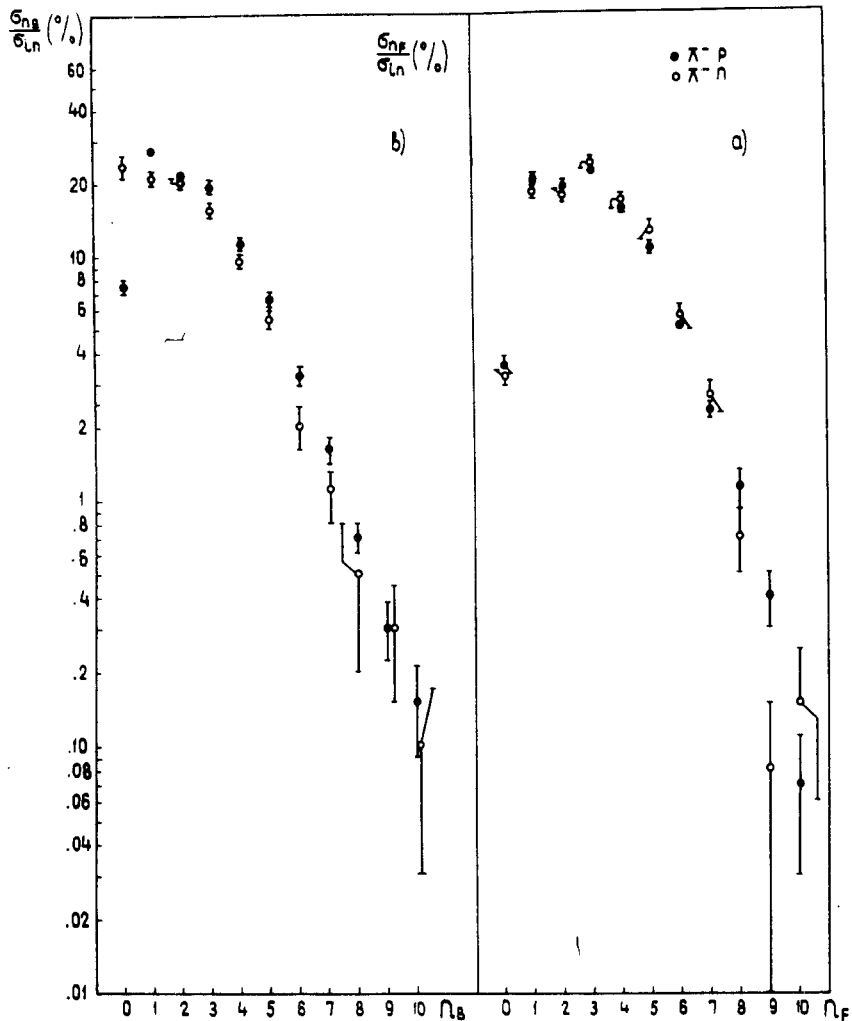


Рис. 1. Распределение  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -событий по числу частиц, вылетающих: а/ в переднюю полусферу в с.ц.м. б/ в заднюю полусферу в с.ц.м. в относительных единицах,  $\sigma_{nB}(nB)$  - сечение  $\pi^-p$  или  $\pi^-n$ -взаимодействий с данными  $n_F(n_B)$ ,  $\sigma_{in}$  - сечение неупругих  $\pi^-p$  или  $\pi^-n$ -взаимодействий.

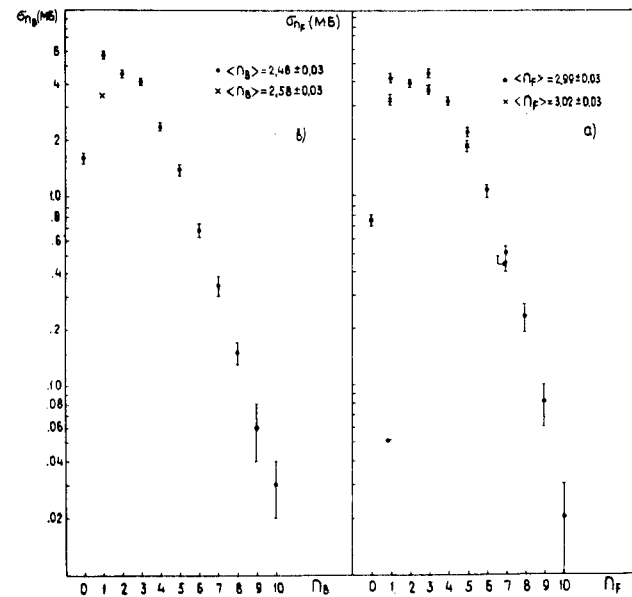


Рис. 2. Распределение  $\pi^-p$ -взаимодействий по числу частиц, вылетающих: а/ вперед в с.ц.м., б/ назад в с.ц.м. в абсолютных единицах. х - значение сечений после исключения дифракционной компоненты  $1/3$ .

На рис. 3 приведены распределения  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -событий для различных топологий по  $n_F$ . Характерно, что все распределения, кроме распределения для  $n=3$ , имеют максимумы около  $n_F \approx 1/2 n$ . Средние значения  $n_F > 1/2 n$  почти для всех топологий. Лишь для событий с  $n \geq 10$  среднее число заряженных частиц в обеих полусферах одно и то же. Вид распределения  $\pi^-n$ -событий для  $n=3$  указывает на влияние дифракционных событий на эту топологию.

Для  $pp$ -взаимодействий при  $102^{18/}$  и  $205 \text{ ГэВ}/c^{19/}$  максимумы наблюдаются при  $n_F = 1/2 n$  для всех множественностей, кроме  $n=4$ .

### 3. Корреляции между множественностями частиц в передней и задней полусферах

Рассмотрим теперь распределения  $\pi^-$  при  $\pi^-p$ -событиях по числу  $n_F$  при различных  $n_B$  /рис. 4/. Видно, что при определенном  $n_B$  распределения  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -событий могут быть описаны одной кривой. При переходе от малых  $n_B$  к большим его значениям заметно изменение распределений, в частности, максимумы смещаются в сторону больших значений  $n_F$ . Этот факт находит свое отражение в зависимости средних значений  $\langle n_F \rangle$  от  $n_B$  /рис. 5a/. Среднее значение  $n_F$  растет с увеличением  $n_B$ , по крайней мере, до  $n_B=7$  как для  $\pi^-p$ , так и для  $\pi^-n$ -взаимодействий. Следовательно, существует положительная корреляция между  $\langle n_F \rangle$  и  $n_B$  в пределах ошибок, одинаковая для  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -событий.

Коэффициент корреляции  $r$ , определяемый как

$$r = \frac{\langle n_F \cdot n_B \rangle - \langle n_F \rangle \cdot \langle n_B \rangle}{D_{n_F} \cdot D_{n_B}},$$

где  $D_{n_F}$  и  $D_{n_B}$  дисперсии распределений по числу частиц в передней и задней полусферах, соответственно, равен  $14,3 \pm 3,4\%$  для  $\pi^-p$ - и  $12,9 \pm 4,8\%$  для  $\pi^-n$ -взаимодействий. Положительная корреляция между  $\langle n_F \rangle$  и  $n_B$  наблюдалась в  $pp$ -взаимодействиях при  $102/18/$ ,  $205/19/$  и  $400/11/$  ГэВ/с, а также в  $\pi^+p$ - при  $16$  и  $23$  ГэВ/с<sup>20/</sup> и  $\pi^-p$ -взаимодействиях при  $16$  ГэВ/с<sup>20/</sup>. Авторы работы<sup>20/</sup> показали, что коэффициент корреляции растет с энергией для  $\pi^+p$ -взаимодействий. Сравнение данных для  $\pi^-p$ -взаимодействий при  $40$  и  $16$  ГэВ/с показывает, что рост  $r$  с энергией наблюдается и для этих взаимодействий.

На рис. 5б показана зависимость  $\langle n_B \rangle$  от  $n_F$ . Для  $\pi^-p$ -событий между  $\langle n_B \rangle$  и  $n_F$  наблюдается корреляция такого же типа, как между  $\langle n_F \rangle$  и  $n_B$ . То же самое можно сказать о  $\pi^-n$ -событиях. Однако  $\pi^-n$ -события с нечетным  $n_F$  оказались явно выделенными по величине  $\langle n_B \rangle$ . Такое поведение  $\pi^-n$ -событий навело на мысль разделить их на группы с четным и нечетным значениями  $n_F$ . Аналогичное разделение было проведено

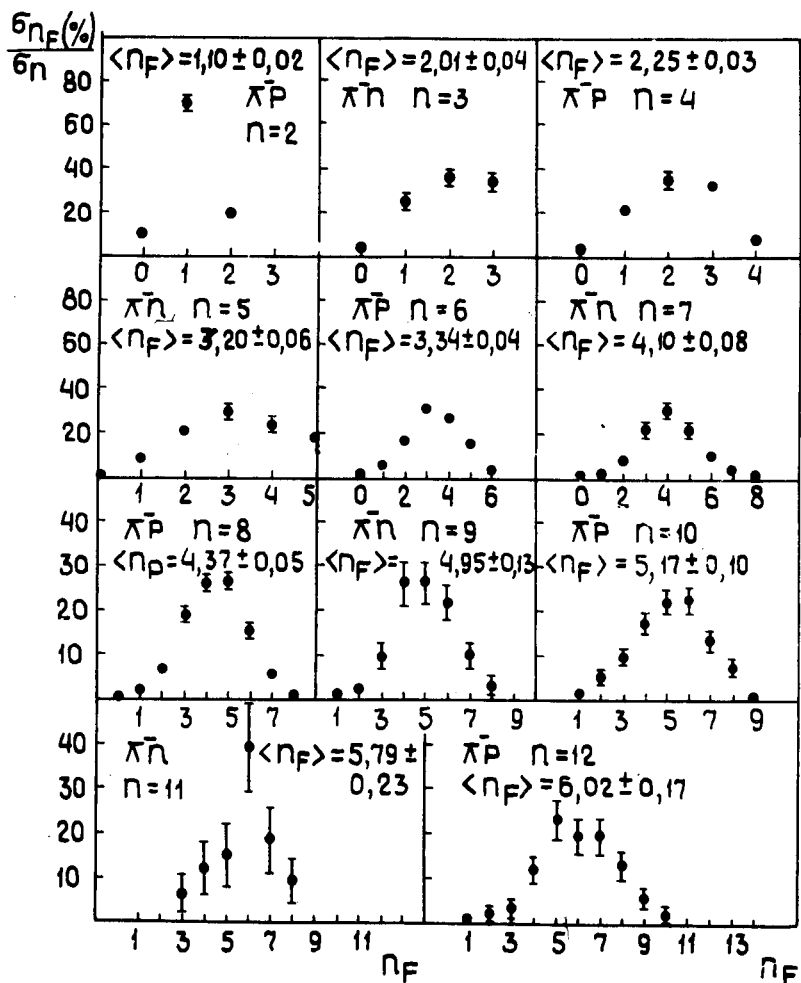


Рис. 3. Распределения  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -событий по множественности частиц, вылетающих вперед, при фиксированной полной множественности.

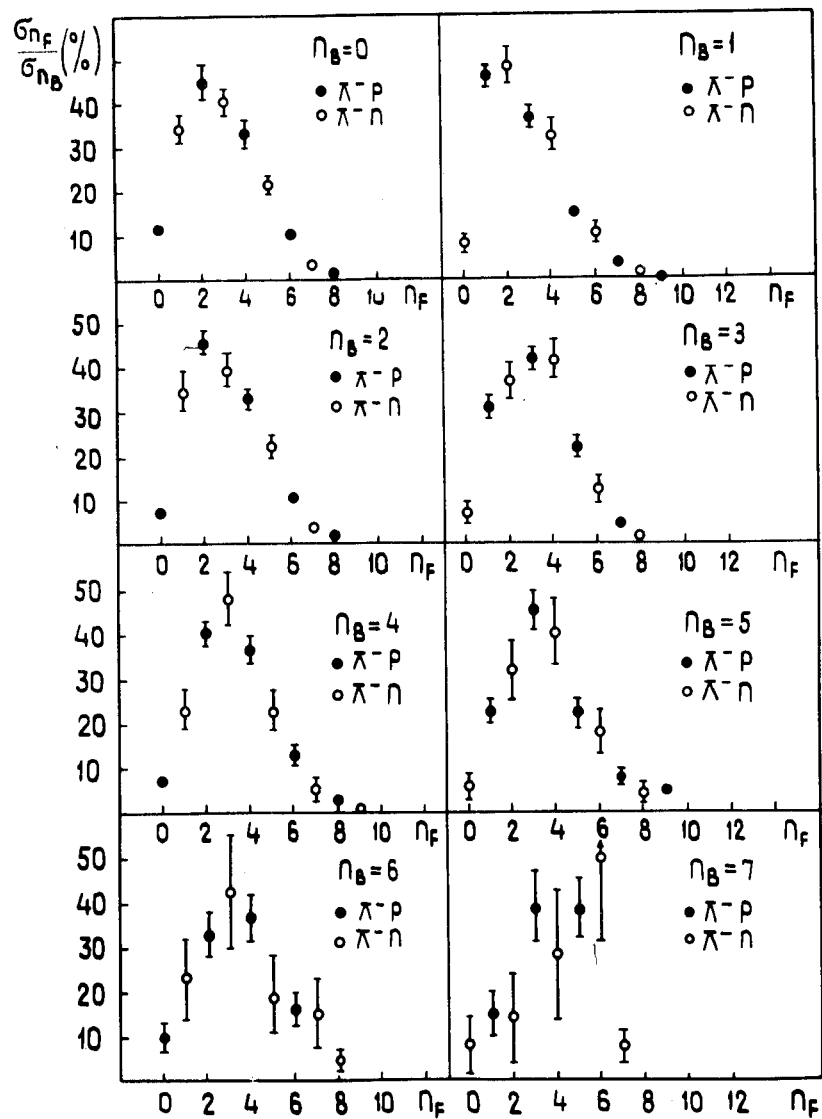


Рис. 4. Распределения  $\pi^-p$ -и  $\pi^-n$ -событий по множественности частиц, вылетающих вперед, при фиксированном числе частиц, вылетающих назад.

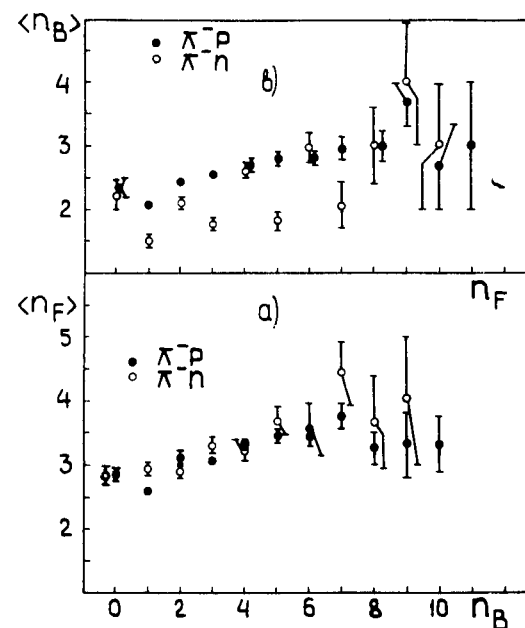


Рис. 5. а/ Зависимость среднего числа частиц, вылетающих вперед, от числа частиц, вылетающих назад в с.ч.м. б/ зависимость среднего числа частиц, вылетающих назад, от числа частиц, вылетающих вперед в с.ч.м.

и среди  $\pi^-p$ -событий. В обоих типах взаимодействий доля событий с нечетным  $n_F$  превышает долю событий с четным  $n_F$ , что, по-видимому, связано с присутствием дифракционной компоненты в группах с нечетным  $n_F$ . Действительно, в  $\pi^-p$ -взаимодействиях превышение составляет  $11,0 \pm 2,3\%$  или  $2,3 \pm 0,4$  мб, что совпадает с определенным нами сечением дифракционной диссоциации  $\pi^-$ -мезона -  $\sigma_D = 2,32 \pm 0,12$  мб<sup>13</sup>. Характеристики полученных групп  $\pi^-p$ -и  $\pi^-n$ -событий по средним множественностям приведены в таблице.

Следует отметить, что в  $\pi^-p$ -событиях с четным  $n_F$  число заряженных частиц в обеих полусферах в среднем больше, чем в событиях с нечетным  $n_F$ . Подобная особенность наблюдается и в  $\pi^-n$ -событиях. Группы

$\pi^-$  или  $\pi^-p$ -событий, не содержащие дифракционной компоненты / $n_F$ -четное/, имеют близкие значения  $\langle n_F \rangle$ , а также  $\langle n_B \rangle$ . Группы  $\pi^-n$  и  $\pi^-p$ -событий содержащие дифракционную компоненту / $n_F$ -нечетное/, имеют близкие значения  $\langle n_F \rangle$  и различаются по величине  $\langle n_B \rangle$ .

Таким образом, можно сказать, что различие средних множественностей в  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -взаимодействиях обусловлено различным числом частиц, вылетающих в заднюю полусферу, причем главным образом в событиях с нечетным  $n_F$ .

### Заключение

Вторичные заряженные частицы от  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с распределены несимметрично в с.ц.м. в отличие от  $pp$ -взаимодействий. В среднем в полусферу  $\pi^-$ -мезона вылетает больше частиц, чем в полусферу нуклона - мишени.

Среднее число частиц, вылетающих вперед, в пределах ошибок одинаково в  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -взаимодействиях, тогда как назад в случае протона - мишени вылетает в среднем больше частиц, чем в случае, когда мишенью является нейтрон.

Характер распределений в передней полусфере определяется, в основном, типом налетающей частицы, а в задней полусфере - типом частицы мишени.

Распределения  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -взаимодействий по числу частиц в передней полусфере при фиксированной полной множественности имеют максимумы при  $n_F \approx 1/2 n$ , что указывает на преобладающую роль процессов мультипериферического типа в этих взаимодействиях <sup>/8/</sup>.

Для  $\pi^-p$ -и  $\pi^-n$ -взаимодействий наблюдается положительная корреляция между средним числом частиц, вылетающих в одну полусферу, и числом частиц, вылетающих в другую. Этот факт свидетельствует о том, что нет полной факторизации между полусферами. Корреляционный коэффициент одинаков для  $\pi^-p$ -и  $\pi^-n$ -взаимодействий.

Таблица

	$\pi^-p$			$\pi^-n$		
	Все $n_F$	Четные $n_F$	Нечетные $n_F$	Все $n_F$	Четные $n_F$	Нечетные $n_F$
$N$ сооб.	4142	1840	2302	1300	566	734
% сооб.	100	44,5±1,1	55,5±1,2	100	43,5±1,7	56,5±1,9
$\langle n \rangle$	5,47±0,04	5,73±0,06	5,25±0,06	5,13±0,07	5,64±0,11	4,72±0,11
$\langle n_F \rangle$	2,99±0,03	3,16±0,04	2,85±0,04	3,10±0,05	3,22±0,07	3,01±0,07
$\langle n_B \rangle$	2,48±0,03	2,57±0,04	2,40±0,04	2,03±0,05	2,42±0,07	1,71±0,07



Авторы выражают благодарность Н.Ангелову, К.П.Вишневской, В.Г.Гришину, С.В.Джмухадзе, А.А.Диденко, И.А.Ивановской, Т.Я.Иногамовой, Т.Канареку, В.Б.Любимову, Н.Н.Мельниковой, В.М.Поповой, М.Сабэу, Х.И.Соловьеву, А.Н.Соломину, Н.Г.Фадееву, Э.Т.Цивцадзе, Л.М.Щегловой, Г.Янчо за участие в обработке событий, полезные обсуждения и советы.

#### Литература

1. J. Benecke, T. T. Chou, C. N. Yang and E. Yen. *Phys. Rev.*, 188, 2159 (1969).  
T. T. Chou, C. N. Yang. *Phys. Rev.*, D7, 1425 (1973).
2. M. Jacob and R. Slansky. *Phys. Lett.*, 37B, 408 (1971).
3. D. Amati, S. Fubini and A. Stanghellini. *Nuovo Cimento* 26, 896 (1962).
4. В.А.Абрамовский, О.В.Канчели. *Письма ЖЭТФ*, 15, 559 /1972/.  
V. A. Abramovsky, V. N. Gribov, O. V. Kancheli. *Proceedings of the Batavia Conf.*, v. 1, p. 389 (1972).
5. K. A. Ter-Martirosyan. *Phys. Lett.*, 44B, 377 (1973).
6. И.М.Дремин, И.И.Ройзен, Д.С.Чернавский. *УФН*, 101, 385 /1970/.  
Е.И.Волков, И.М.Дремин, А.М.Дунаевский, И.И.Ройзен, Д.С.Чернавский. *ЯФ*, 17, 407 /1973/.
7. K. G. Wilson. *Cornel Report No. CLNS-131* (1970).  
W. R. Frazer, R. D. Pecut, S. S. Pinsky and C. I. Tan. *Phys. Rev.*, D7, 2647 (1973).
8. S. Nussinov, C. Quigg, and J. M. Wang. *Phys. Rev.*, D6, 2713 (1972).  
D. Stivers and G. H. Thomas. *Phys. Rev.*, D9, 208 (1974); D9, 319 (1974).
9. 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.
10. C. Quigg, G. H. Thomas. *Phys. Rev.*, D7, 2752 (1973).
11. J. Whitmore. *Phys. Rep.*, 10C, 273 (1974).
12. F. C. Winkelmann. *Phys. Rev. Lett.*, 32, 121 (1974).
13. Н.Ангелов, К.П.Вишневская, В.Г.Гришин и др. *ОИЯИ*, P1-7924, Дубна, 1974; *ЯФ*, 21, 139 /1975/.
14. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, В.Г.Гришин и др. *ОИЯИ*, P1-7680, Дубна, 1974; *ЯФ*, 20, 954 /1974/.

15. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, В.А.Беляков и др. *ОИЯИ*, P1-6326, Дубна, 1972.
16. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, В.А.Беляков и др. *ОИЯИ*, P1-6491, Дубна, 1972; *ЯФ*, 16, 989 /1972/.  
G. Jančso, J. M. Kohli. *JINR*, E1/6994, Dubna, 1973.
17. Н.Ангелов, Л.Анела, И.А.Ивановская и др. *ОИЯИ*, P1-8036, Дубна, 1974; *ЯФ*, 21, 327 /1975/.  
*ОИЯИ*, P1-8677, Дубна, 1975.
18. C. M. Bromberg, D. Chaney, D. Cohen et al. *Phys. Rev.*, D9, 1864 (1974).
19. T. Kafka, R. Engelmann, M. Pratap et al. *Phys. Rev. Lett.*, 34, 687 (1975).
20. Aachen - Berlin - Bonn - CERN - Cracow - Heidelberg - Warsaw Collaboration. *CERN/D. Ph. 11/Phys.*, 74-13. *Nucl. Phys.*, B90, 461 (1975).

Рукопись поступила в издательский отдел  
19 сентября 1975 года.