

♀
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4462/2-81

31/8-81

P1-81-220

В.Г.Гришин, Т.Канарек, Р.А.Кватадзе,
Дж.М.Кохли, Л.Симич

ДИФРАКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

В π^- p-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ $p = 40$ ГэВ/с

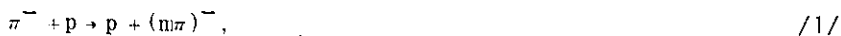
Направлено в ЯФ

1981

§1. ВВЕДЕНИЕ

Процессы дифракционной диссоциации адронов изучались в широком интервале энергий /10-2000 ГэВ/, наиболее интенсивно в pp -взаимодействиях^{/1/}. Они определяются как процессы, в которых первичные адроны переходят в возбужденные состояния с теми же квантовыми числами и затем распадаются с испусканием относительно небольшого числа вторичных частиц. Эти процессы характеризуются малой передачей импульса, их сечения слабо зависят от энергии и по своим свойствам они сходны с упругим рассеянием. В теории их обычно описывают в рамках модели Редже, вводя обмен полюсом Померанчука, с квантовыми числами вакуума^{/1/}.

При высоких энергиях / $E \geq 1000$ ГэВ/ дифракционные процессы относительно хорошо выделяются из других неупругих процессов по своим кинематическим характеристикам. При $E \leq 100$ ГэВ их выделение является уже сложной методической задачей, связанной с правильным выбором фоновых процессов. В настоящей работе изучается дифракционная диссоциация /ДД/ пионов и протонов при $p = 40$ ГэВ/с в реакциях



При обработке небольшой части экспериментального материала ранее были получены данные о дифракции пионов^{/2,3/}.

Экспериментальный материал получен с помощью 2-метровой пропановой пузырьковой камеры Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, облученной π^- -мезонами с $p = 40$ ГэВ/с на ускорителе ИФВЭ. Основные методические вопросы обработки событий, зарегистрированных в камере, изложены в работах^{/4,5/}. Здесь отметим, что протоны идентифицировались по ионизации в интервале импульсов $p = 0,15-0,7$ ГэВ/с и их среднее число составляет $\langle n_p \rangle = 0,2$. Для анализа было отобрано около 15000 неупругих $\pi^- p$ -взаимодействий, сопровождающихся ≈ 15000 гамма-квантами, которые были зарегистрированы в эффективном объеме камеры по (e^+e^-) -парам конверсии^{/5/}.

§2. СЕЧЕНИЯ ДИФРАКЦИОННОЙ ДИССОЦИАЦИИ π^- -МЕЗОНОВ И ПРОТОНОВ

Для определения сечений инклюзивных дифракционных процессов в реакции /1/ обычно используются характеристики протонов, которые связаны с их квазиупругим рассеянием. Эти процессы обусловлены обменом полюсом Померанчука между квазиупруго рассеянным протоном и дифракционно возбужденной системой /рис.1а/. Фоновые процессы с близкой кинематикой условно изображены как процессы с мезонным обменом /рис.1б/. Их вклад в /1/ оценивался по данным о реакции



В этом случае предполагалось, что главный вклад в спектр протонов /3/ дают процессы с мезонным обменом /рис.1в/. Сечение дифракции пионов определялось в результате сравнения распределений протонов по $x_p = 2p_{||}^* / \sqrt{s} / p_{||}^*$ - продольный импульс протона в с.ц.и.; \sqrt{s} - полная энергия /в реакциях /1/ и /3/. При этом распределения нормировались за пределами дифракционного максимума. Для определения сечений инклюзивных дифракционных процессов использовался аналогичный метод, предложенный в работах /6,7/.

При определении сечений диссоциации π^- -мезонов в одну заряженную частицу /двухлучевые события/ $\sigma_d^{\pi^-} (\pi^- \rightarrow \pi^- X^0)$ необходимо исключить случаи упругого рассеяния. Основная часть таких событий выделялась по кинематическим критериям /5/. Кроме того, из сравнения импульсных спектров протонов и π^- -мезонов в событиях с γ -квантами и без них было исключено еще около 4% событий упругого рассеяния от их полного числа / $\sigma_{el} = 3,32 \pm 0,06$ мб/.

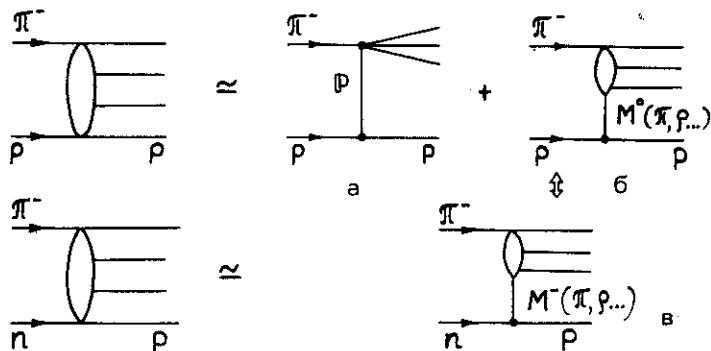


Рис.1. Графическая иллюстрация главных вкладов в спектр протонов: а,б/ в реакции /1/; в/ в реакции /3/.

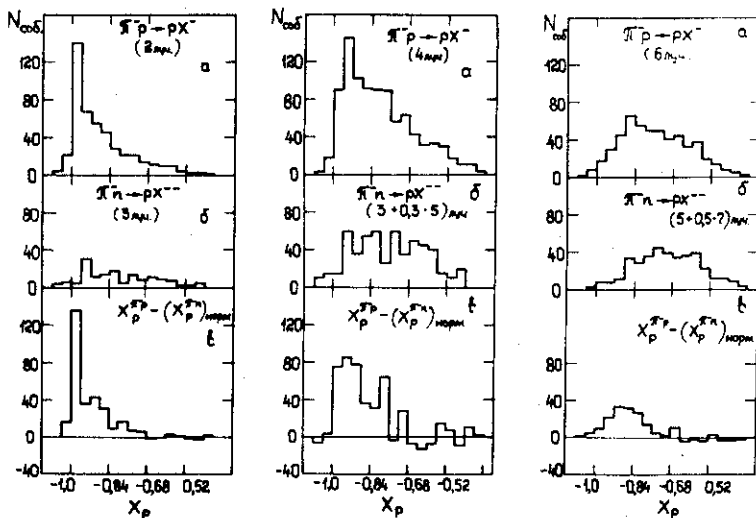


Рис. 2, 3, 4. Распределения протонов по x_p в реакциях /1/ и /3/ для $n_{ch} = 2, 4, 6$ /а, б/; разность нормированных распределений для реакций /1/ и /3/ - /в/.

На рис. 2а, б приведены распределения протонов по x_p для 2-лучевых событий ($n_{ch}=2$) из реакции /1/ и 3-лучевых ($n_{ch}=3$) из реакции /3/. Они были нормированы на одинаковую площадь при $x_p \geq -0,68$. Их разность представлена на рис. 2в. Отсюда видно, что имеется ярко выраженный эффект, связанный с дифракцией π -мезонов. Для сечения диссоциации π -мезонов в одну заряженную частицу было получено

$$\sigma_d^{\pi^-} (\pi^- \rightarrow \pi^- X^0) = 540 \pm 40 \text{ мкб.}$$

Приведенные ошибки включают в себя неопределенность в выборе границы нормировки распределений ($\Delta x_p = \pm 0,08$) и статистические ошибки.

Аналогичным образом /см. рис. 3а, б, в; 4а, б, в/ были определены:

$$\sigma_d^{\pi^-} (\pi^- \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^- X^0) = 710 \pm 140 \text{ мкб,}$$

$$\sigma_d^{\pi^-} (\pi^- \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^- X^0) = 320 \pm 70 \text{ мкб.}$$

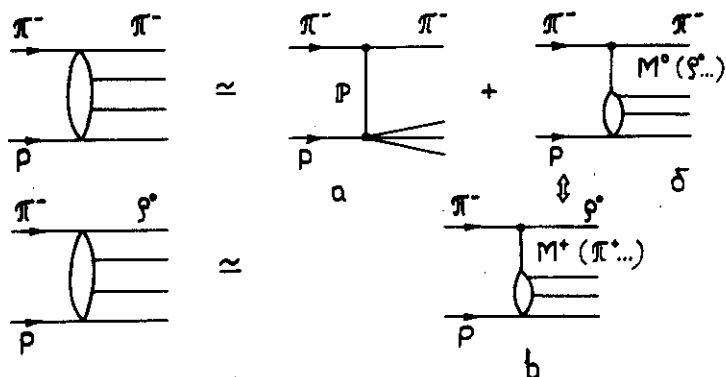


Рис. 5. Графическая иллюстрация главных вкладов в инклюзивные спектры π^- /а, б/ и ρ^0 -мезонов /в/.

В случае диссоциации π^- -мезонов в три заряженные частицы для фонового распределения использовались события из реакции /3/ с $n_{ch} = 3$ и 5. При этом соотношение между ними подбиралось так, чтобы полные множественности всех пионов ($\langle n_{\pi^-} \rangle = \langle n_{\pi^+} \rangle + \langle n_{\pi^0} \rangle$) в /1/ и /3/ были примерно одинаковы. Поэтому их распределения было сложено с коэффициентами 1 и 0,3 соответственно. Аналогично для выделения дифракционных процессов в 6-лучевых событиях фоновое распределение строилось из 5- и 7-лучевых событий реакции /3/ с коэффициентами 1 и 0,5 соответственно.

Считая, что вклад процессов ДД пионов в события с множественностью $n_{ch} \geq 8$ пренебрежимо мал, получили полное сечение дифракционных процессов в реакции /1/*:

$$\sigma_d^{\pi^-} = 1570 + 160 \text{ мкб.}$$

Определение сечений ДД протонов /рис.5а/ в реакции /2/ представляет собой более сложную задачу, связанную с необходимостью точного измерения импульсов в области фрагментации пиона ($x \geq 0,5$) и с выбором подходящей фоновой реакции**. Поэтому вклад фоно-

* При учете около 14% событий, потерянных при малых передачах импульса $|t'| \leq 0,05 \text{ ГэВ}^2 / \text{см.} \text{ } \S 3/$.

** В этом случае наиболее подходящей фоновой реакцией была бы $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + X^0$. Однако измерение спектров π^0 -мезонов невозможно в нашем эксперименте.

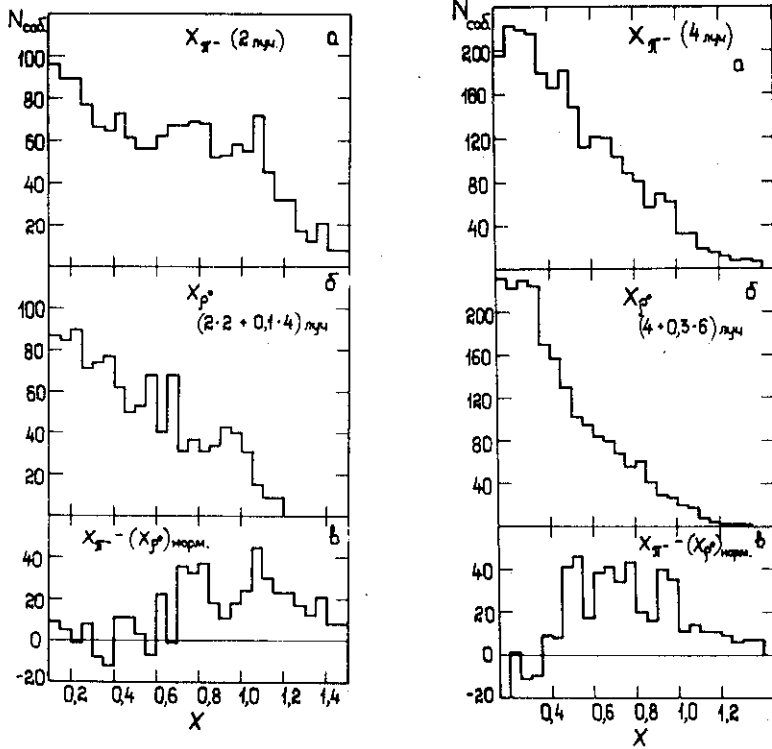
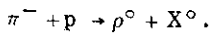


Рис. 6, 7. Распределения π^- -мезонов и пар $(\pi^+\pi^-)$ -мезонов с $M(\pi^+\pi^-) = 0,67 \div 0,87$ ГэВ для $n_{ch} = 2,4$ /а, б/; разность распределений а и б /в/.

вых процессов /рис.56/ с мезонным обменом определялся по характеристикам реакции /рис.5в/:



/4/

Для нахождения распределений ρ^0 -мезонов по χ в каждом событии бралась только одна $(\pi^+\pi^-)$ -пара с $M = 0,67 \div 0,87$ ГэВ/с², имеющая наибольшее значение $\chi(\pi^+\pi^-)$. Затем спектры самых быстрых π^- -мезонов в реакции /2/ сравнивались с распределениями $(\pi^+\pi^-)$ -пар по χ и нормировались на одинаковую площадь в интервале $0,15 \div 0,5$ /рис.6,7/. При определении топологических сечений $\sigma_d^p(n_{ch})$ реакции /2/ и /4/ сравнивались при одинаковом полном числе пионов в нижней вершине /рис.5/.

Таблица 1

Топологические сечения дифракционных процессов
в π^-p -взаимодействиях при $p = 40$ ГэВ/с

n_{ch}	σ (мб)	$\sigma_d^{\pi^+}$ (мб)	$\sigma_d^{\pi^0}$ (мб)
2	$2,97 \pm 0,11$	$0,54 \pm 0,04$	$0,58 \pm 0,05$
4	$6,39 \pm 0,16$	$0,71 \pm 0,14$	$0,74 \pm 0,10$
6	$6,06 \pm 0,16$	$0,32 \pm 0,07$	$0,30 \pm 0,08$
$\sigma_{tot}(n_{ch} \leq 6)$	$15,42 \pm 0,19$	$1,57 \pm 0,16$	$1,62 \pm 0,13$

Таблица 2

Сечения дифракционной диссоциации π^- -мезонов
в π^-p -взаимодействиях

n_{ch}	$\sigma_d^{\pi^+}(40 \text{ ГэВ/с})$	$\sigma_d^{\pi^+}(100 \text{ ГэВ/с})$	$\sigma_d^{\pi^+}(150 \text{ ГэВ/с})$	$\sigma_d^{\pi^+}(205 \text{ ГэВ/с})$
2	540 ± 40 мкб	500 ± 70 мкб	570 ± 60 мкб	670 ± 90 мкб
4	710 ± 140 мкб	790 ± 70 мкб	848 ± 50 мкб	840 ± 80 мкб
6	320 ± 70 мкб	280 ± 80 мкб	340 ± 70 мкб	290 ± 60 мкб
8		60 ± 30 мкб		100 ± 40 мкб
$\sigma_{tot}(n_{ch} \leq 8)$	1570 ± 160 мкб	1630 ± 130 мкб	1756 ± 105 мкб	1900 ± 200 мкб

В табл.1 приведены полученные данные по $\sigma_d^{\pi^+}(n_{ch})$. Здесь же даны топологические сечения π^-p -взаимодействий ($n_{ch} = 2, 4, 6$) и $\sigma_d^{\pi^0}(n_{ch})$. Приведенные ошибки в табл.1 включают в себя неопределенности нормировки и статистические ошибки. Из полученных данных видно, что сечения π^-p протонов и пионов примерно одинаковы. Их полное сечение $\sigma_{\pi^-p} = 3,19 \pm 0,21$ мб составляет $0,96 \pm 0,07$ от σ_{el} и 15% от σ_{in} .

В табл.2 и 3 приведены данные по π^-p протонов и пионов при более высоких энергиях $^8-10^9$. В пределах ошибок они не отличаются от $\sigma_d^{\pi^+p}$ при $p = 40$ ГэВ/с.

Таблица 3

Сечения дифракционной диссоциации протонов
в π^-p -взаимодействиях

n_{ch}	$\sigma_d^p(40 \text{ ГэВ/с})$	$\sigma_d^p(100 \text{ ГэВ/с})$	$\sigma_d^p(150 \text{ ГэВ/с})$
2	580 \pm 50	840 \pm 120	720 \pm 50
4	740 \pm 100	740 \pm 150	722 \pm 80
6	300 \pm 80	330 \pm 120	284 \pm 39
8		90 \pm 90	
$\sigma_{tot}^p(n_{ch} \leq 8)$	1620 \pm 130 мкб	2000 \pm 210 мкб	1726 \pm 100 мкб

§3. НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИФРАКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Благодаря относительно высокой эффективности регистрации гамма-квантов в пропановой пузырьковой камере определены средние числа π^0 -мезонов в дифракционных процессах /табл.4/. В двухлучевых событиях $\langle n(\pi^0) \rangle \frac{\pi^-}{d} = 1,97 \pm 0,13$, что и должно быть при сохранении g -четности в дифракционных процессах, если сечение образования $4\pi^0$ -мезонов мало ($\leq 10\%$). Для дифракции протонов в инклюзивных процессах должно выполняться соотношение $\langle n(\pi^0) \rangle = 1/2[\langle n(\pi^-) \rangle + \langle n(\pi^+) \rangle]$, которое следует из изотопической инвариантности. В пределах ошибок оно выполняется, что является дополнительной проверкой правильности выделения дифракционных событий.

Таблица 4

Среднее число π^0 -мезонов в дифракционных процессах

n_{ch}	$\langle n_{\pi^0} \rangle$	$\langle n_{\pi^0} \rangle \frac{\pi^-}{d}$	$\langle n_{\pi^0} \rangle \frac{p}{d}$
2	1,76 \pm 0,05	1,97 \pm 0,13	0,84 \pm 0,07
4	2,39 \pm 0,04	1,50 \pm 0,11	1,30 \pm 0,10
6	2,84 \pm 0,04	2,13 \pm 0,15	1,87 \pm 0,17

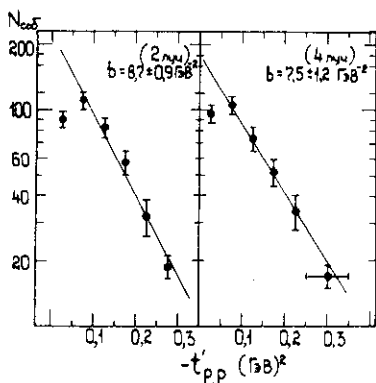


Рис.8. Распределение дифракционных событий по переданному импульсу протонам для $n_{ch}=2,4$. Прямые - результаты аппроксимации данных экспонентой ($A \exp(-bt')$).

Для дифракции π^- -мезонов ($n_{ch}=2,4$) были построены распределения событий $t'=t - t_{\text{МИН}}(M_x^2)$ /рис.8/. Вклад недифракционных событий выделялся с помощью метода, описанного в §2. Для каждого интервала по t' из событий реакции /1/ вычитались фоновые события из реакции /3/. Для $|t'| \geq 0,05$ ГэВ² распределения /рис.8/ аппроксимировались простой экспоненциальной зависимостью $dN/dt' = A \exp(-bt')$. Значения параметров наклона в 2- и 4-лучевых событиях оказались равными $b = 8,7 \pm 0,9$ ГэВ⁻² и $b = 7,5 \pm 1,2$ ГэВ⁻². Они в пределах ошибок не зависят от множественности и совпадают с соответствующими значениями наклонов для процессов упругого πp -рассеяния. Из рис.8 также видно, что в распределении dN/dt' при $|t'| \leq 0,05$ ГэВ² имеются потери событий с медленными протонами $|p| \leq 0,150$ ГэВ/с/. Экстраполяция экспоненты при $t' \rightarrow 0$ дает оценку величины этих потерь. Они оказались равными 21, 12 и 8% для $n_{ch}=2,4$ и 6 соответственно. Эти потери были учтены при определении топологических сечений /табл.1/.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования процессов дифракционной диссоциации в $\pi^- p$ -взаимодействиях при $p = 40$ ГэВ/с определены инклюзивные сечения дифракции π^- -мезонов:

$$\sigma_d^{\pi^-} = 1570 \pm 160 \text{ мкб,}$$

и протонов:

$$\sigma_d^p = 1620 \pm 130 \text{ мкб.}$$

Оказалось, что сечения этих процессов примерно одинаковы /для пионов и протонов/. Полное сечение неупругих дифракционных процессов составляет $\approx 15\%$ от $\sigma_{in}(\pi^- p)$ и в пределах ошибок равно сечению упругого рассеяния пионов на протонах. Параметры наклонов распределений по импульсу, переданному протону, также оказались одинаковыми для упругих и дифракционных процессов.

Мы признательны участникам Сотрудничества по исследованию множественных процессов за помощь в обработке данных и полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухин С.В., Царев В.А. ЭЧАЯ, 1977, т.8, с.990.
2. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1975, т.21, с.139.
3. Гришин В.Г., Керачев П. ЯФ, 1975, т.22, с.579.
4. Абдурахимов А.У. и др. ЯФ, 1973, т.18, с.545.
5. Абдурахимов А.У. и др. ЯФ, 1973, т.17, с.1235.
6. Givernaud A. et al. Nucl.Phys., 1979, B152, p.189.
7. Saudraix J. et al. Z.Phys., 1980, C5, p.105.
8. Morris W. et al. Phys.Lett., 1975, B56, p.395.
9. Brick D. et al. Phys.Rev., 1980, D7, p.1726.
10. Winkelmann F.C. et al. Phys.Rev.Lett., 1974, v.32, p.121.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 апреля 1981 года.