

4508 / 2-78

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗ46, 2Г
А-139

P1 - 11615

А. Абдивалиев, К. Бешлиу, А. П. Гаспарян, С. Груиа,
А. П. Иерусалимов, Д. К. Копылова, Ф. Которобай,
В. И. Мороз, А. В. Никитин, Ю. А. Троян

МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^-\pi^0$

ПРИ $P_n = (5,10 \pm 0,17)$ ГЭВ/С

1978

P1 - 11615

А. Абдивалиев, К. Бешлиу, А. П. Гаспарян, С. Груиа,
А. П. Иерусалимов, Д. К. Копылова, Ф. Которобай,
В. И. Мороз, А. В. Никитин, Ю. А. Троян

МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ $np \rightarrow pp \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^0$

ПРИ $P_n = (5,10 \pm 0,17)$ ГЭВ/С



Абдивалиев А. и др.

P1 - 11615

Механизм реакции $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ при $P_n = (5,10 \pm 0,17)$ ГэВ/с

Исследован механизм реакции $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ при $P_n = (5,10 \pm 0,17)$ ГэВ/с. Показано, что реакция $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ в основном описывается с помощью матричного элемента вида

$$M^2 \sim e^{-B(y_{\max} - y_1)} \cdot e^{-B(y_2 - y_{\min})} (\beta_1 + \beta_2 R),$$

где $B = 1,41$, β_2 - доля образования изобары Δ^{++} в реакции, R - резонансный член. Изобара Δ^{++} рождается в значительной степени через периферический механизм.

Рождение ω^0 -мезона, вероятно, происходит путем π -мезонного обмена в реакции $np \rightarrow pp\omega^0\pi^-$.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Abdivaliev A. et al.

P1 - 11615

The $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ Reaction Mechanism at $P_n = (5,10 \pm 0,17)$ GeV/c

The mechanism of the $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ reaction at $P_n = (5,10 \pm 0,17)$ GeV/c was investigated. It was shown that the $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ reaction is mainly described with the next type of a matrix element

$$M^2 \sim e^{-B(y_{\max} - y_1)} \cdot e^{-B(y_2 - y_{\min})} (\beta_1 + \beta_2 R),$$

where $B = 1,41$, β_2 - is the portion of Δ^{++} isobars production in the reaction, R is a resonance term. The Δ^{++} isobars are produced in a significant number of events through a peripheral mechanism. The production of ω^0 meson in the $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ reaction probably goes through the π -meson exchange.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubno 1978

Определение сечения реакции $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ (1) и сечений образования резонансов в ней при $P_n = 5,1$ ГэВ/с произведено в наших работах ^{1,2/}. Основные результаты заключаются в том, что примерно в 50% случаев реакция идет через образование изобары Δ^{++} , в 6% случаев в реакции образуется ω^0 -мезон; вероятность образования изобары Δ^{++} одинакова для систем $p_1\pi^+$ и $p_2\pi^+$, где $y_{p_1}^* > y_{p_2}^*$ /быстроты протонов в с.ц.м. реакции/.

В настоящей работе мы приведем другие характеристики реакции /1/ и попытаемся сравнить их с возможными механизмами протекания этой реакции.

На рис. 1 представлены угловые распределения вторичных частиц из реакции /1/. Характерные черты распределений: протоны симметричны по углам в с.ц.м. и резко анизотропны, угловое распределение π^+ -мезонов изотропно, в угловом распределении π^- -мезонов имеется небольшой подъем при $\cos\theta_{\pi^-}^* \geq 0,6$; угловое распределение π^0 -мезонов симметрично и анизотропно. На рисунке, как и в дальнейшем, точками отмечено распределение, получаемое с использованием сконструированного нами матричного элемента периферического типа МЭП /см. ^{3/}/, там же для сравнения нанесены кривые, получаемые из фазового объема /программа "Форс" / . На рис. 2-5 изображены импульсы, поперечные импульсы и распределения по $x^* = P_{\parallel}^* / P_{\max}^*$ и y^* для частиц разного сорта из реакции /1/. P_{\max}^* определяется с учетом всех родившихся частиц в реакции /1/. На рис. 6 показаны угловые корреляции между частицами разного сорта. На рис. 7 приведено распределение эффективных масс двух протонов.

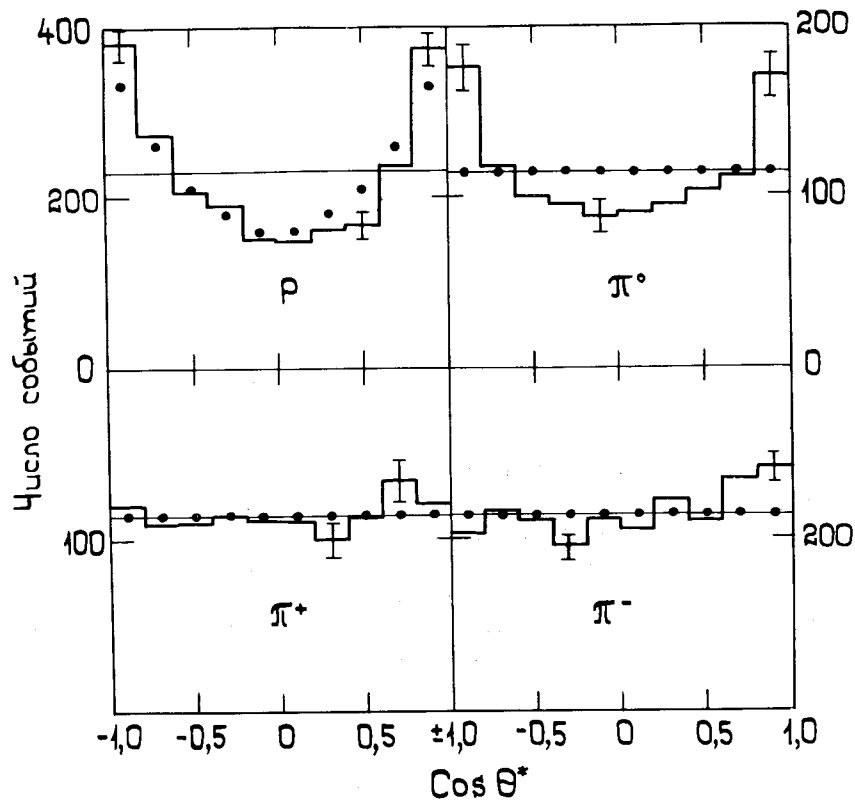


Рис. 1. Распределения по $\cos \theta^*$ в с.ц.м. реакции для вторичных частиц.

На рис. 8 представлены различные характеристики образовавшихся в реакции /1/ изобар Δ^{++} . В качестве кандидатов в изобары отбирались комбинации протона и π^+ -мезона, эффективная масса которых заключена в пределах $1160 \leq M_{p\pi^+} \leq 1300 \text{ МэВ}/c^2$.

Из приведенных распределений можно сделать вывод о том, что описание характеристик реакции с использованием МЭП является вполне удовлетворительным.

В работе /3/ был приведен вид использованного там матричного элемента:

$$M^2 \sim e^{-B(y_{\max} - y_1)} \cdot e^{-B(y_2 - y_{\min})} \quad /2/$$

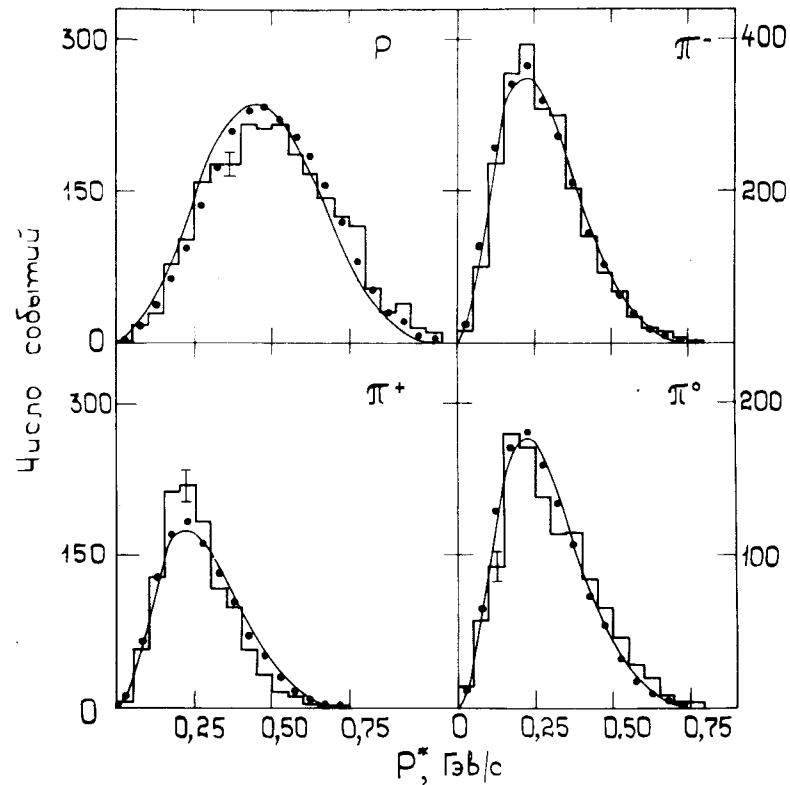


Рис. 2. Импульсные распределения частиц в с.ц.м. реакции.

для описания реакции $p\bar{p} \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^-\pi^-$ /3/. Такой же вид матричного элемента использован нами и для описания реакции /1/. Используя средние характеристики этой реакции $\Delta y = y_{\max} - y_1 = 0,72$; $p_{11}^2 = 0,15$ /средний квадрат поперечного импульса вторичного протона/, $\sqrt{D_{y_1}} = 0,063$ /корень из дисперсии распределения по y_1^* - быстрого протона в с.ц.м./, можно получить, подобно тому, как это сделано в работе /3/, значение коэффициента $B = 1,41$. Это значение и использовано в выражении /2/ для матричного элемента при вычислении различных распределений /точки в приведенных выше распределениях/. Видно, что матричный элемент с этим значением

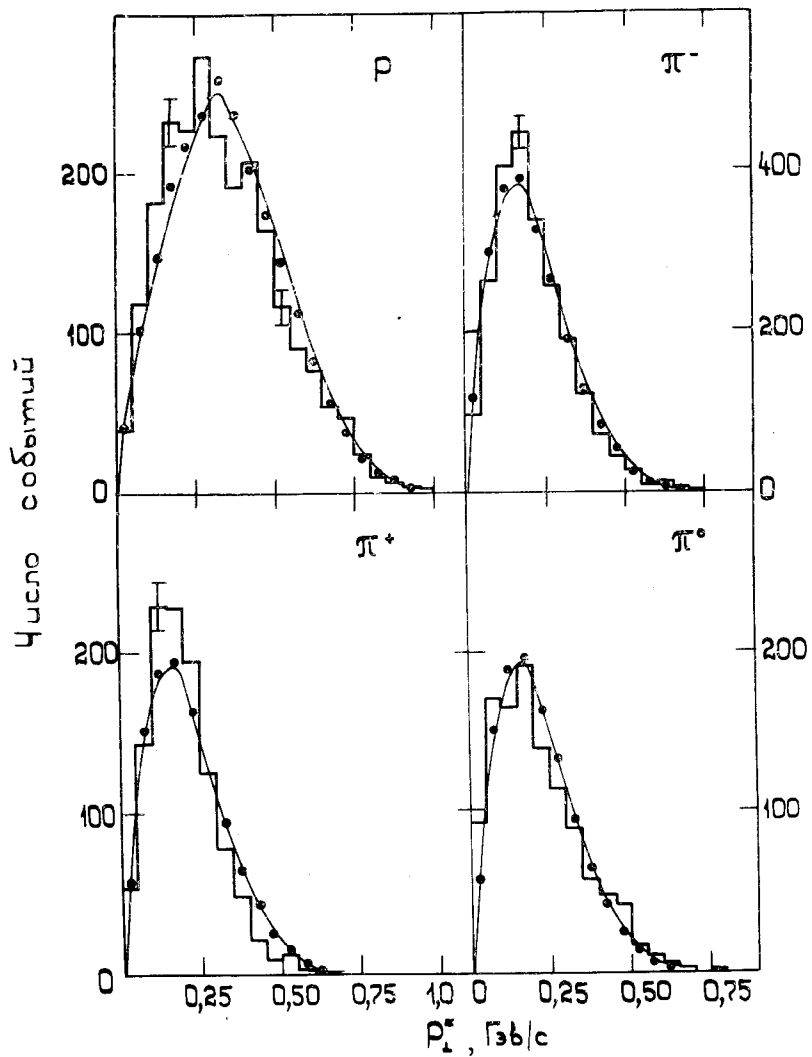


Рис.3. Распределения по p_{\perp} для вторичных частиц.

коэффициента B хорошо аппроксимирует экспериментальные данные. Распределение эффективных масс N_{π} -комбинаций с использованием МЭП получается таким же, как в фазовом объеме. На эксперименте наблюдается

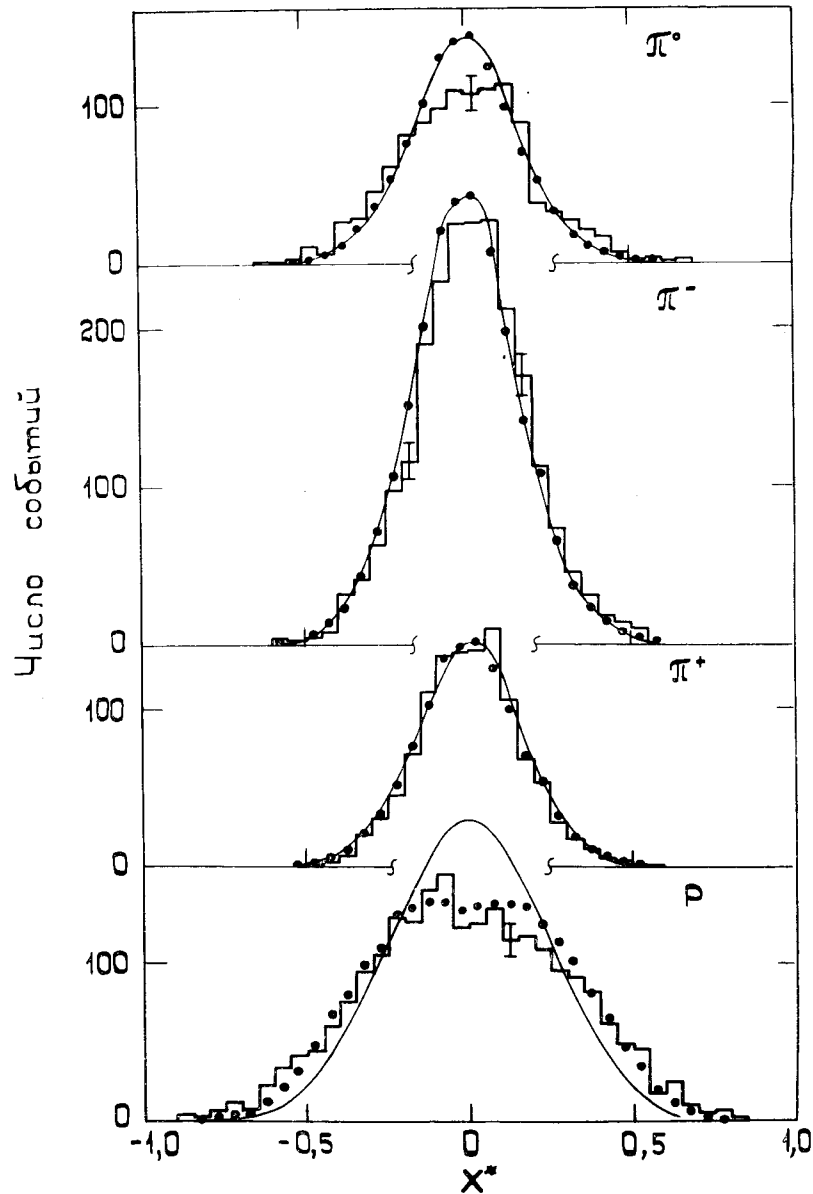


Рис.4. Распределения по $x^* = p_{\parallel}^* / p_{\max}^*$.

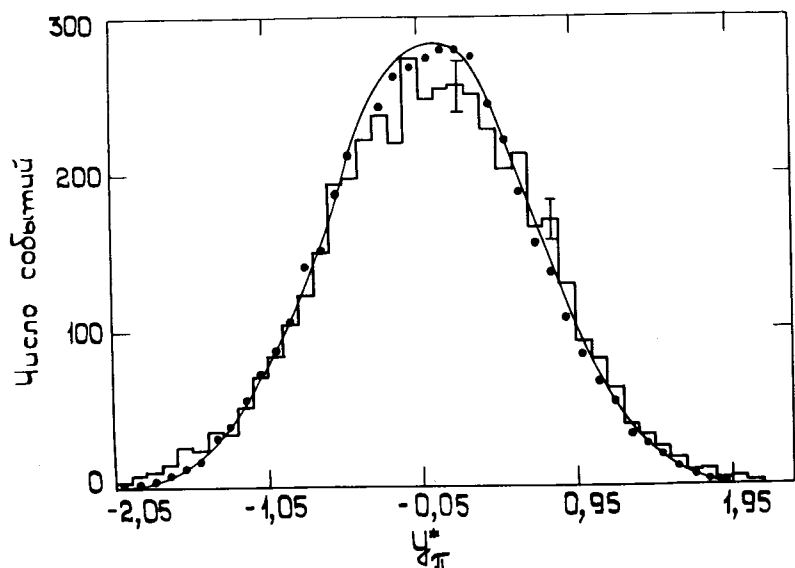
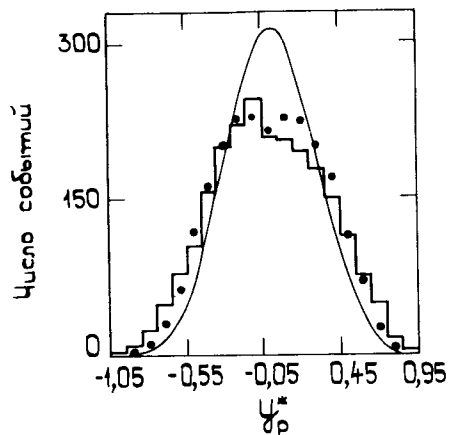


Рис.5. Распределения по быстроте.

рождение изобар. Поэтому полный матричный элемент должен содержать резонансный член.

Наиболее яркий эффект в реакции /1/ - резкая анизотропия и симметрия в угловом распределении π^0 -мезонов в с.ц.м.

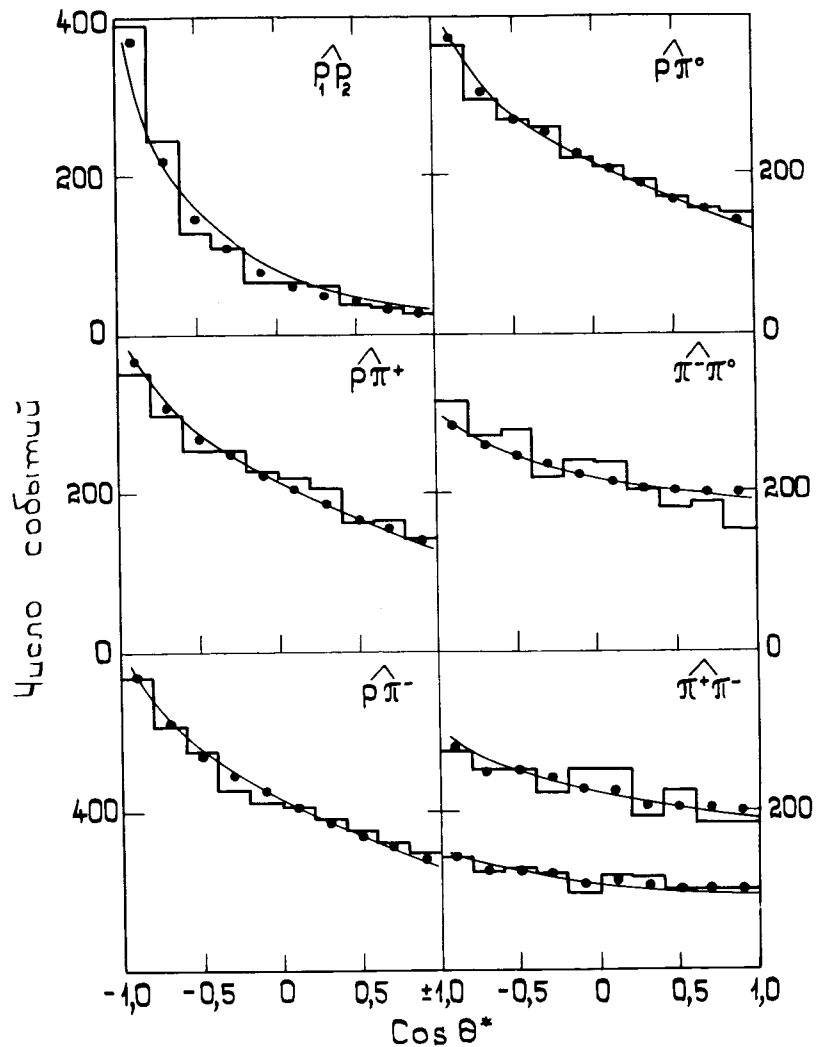


Рис.6. Угловые корреляции между частицами разного сорта.

Рассматривая реакцию /1/ с точки зрения ОПЕ-диаграмм, можно прийти к выводу, что, если в угловом распределении π^0 -мезонов будет наблюдаться резкая

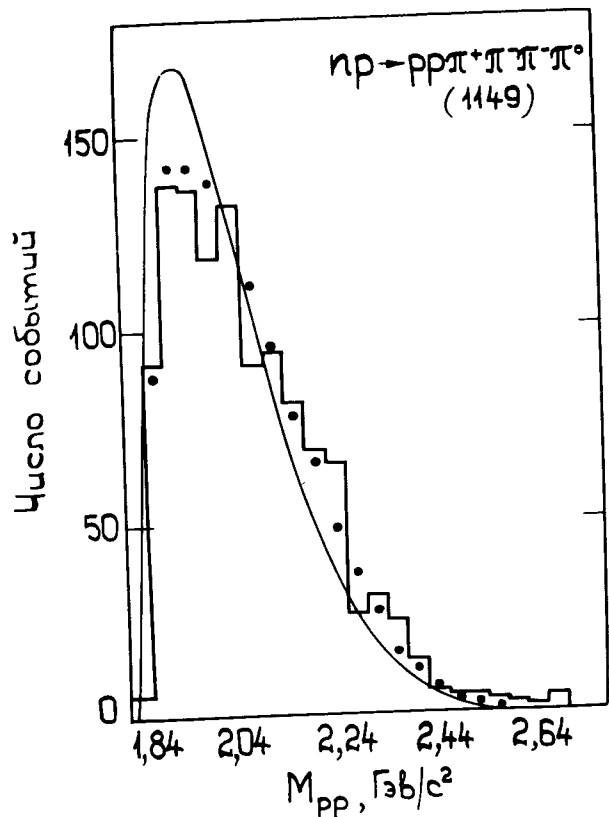
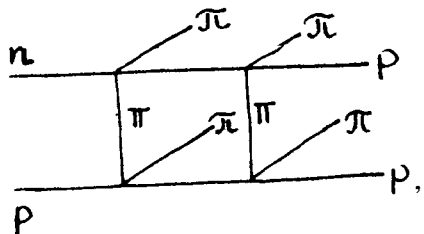


Рис.7. Эффективная масса двух протонов.

анизотропия, то эффект такого же порядка должен наблюдаться и в угловых распределениях заряженных мезонов.

Поэтому необходимо рассмотреть эффекты перерасеяния, на важность которых указывалось в работе^{4/}. Перерасеяния, связанные с диаграммами типа



/4/

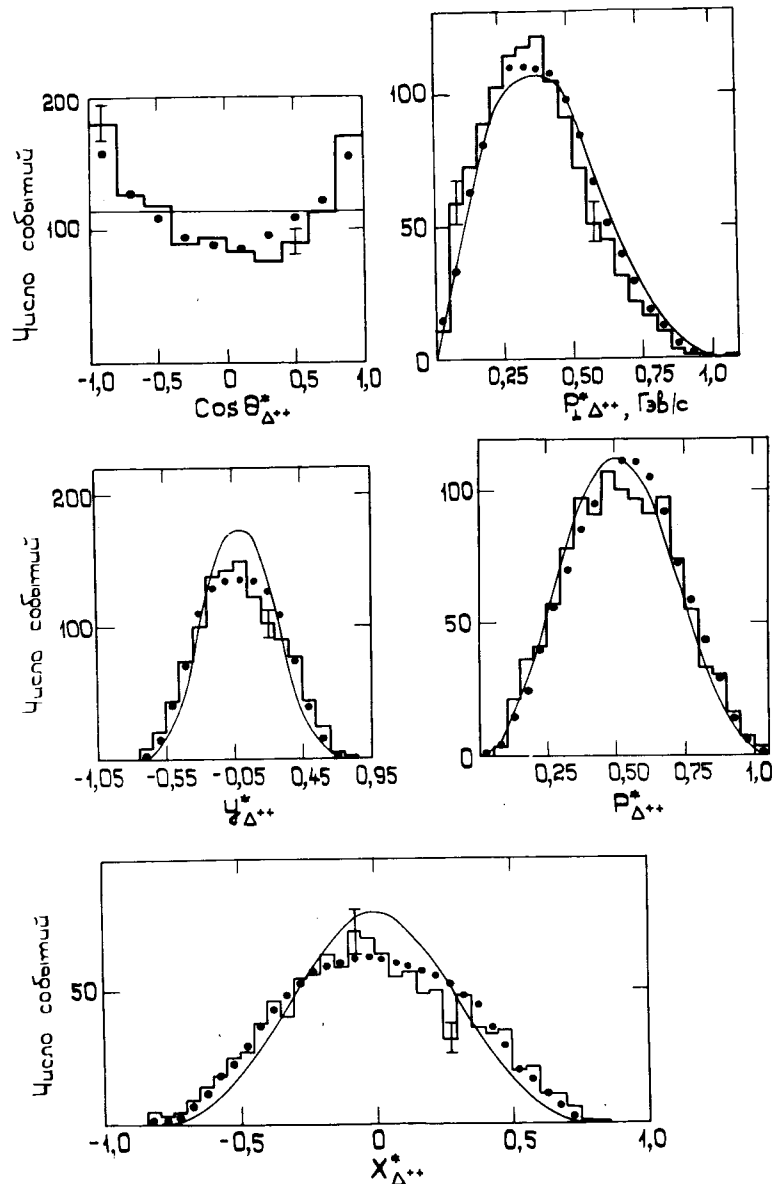


Рис.8. Распределения по $\cos \theta^*$, P_{\perp}^* , y^* , p^* , x^* , Δ^{++} изобары.

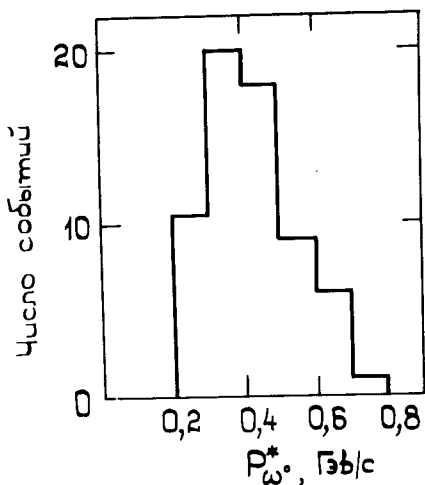
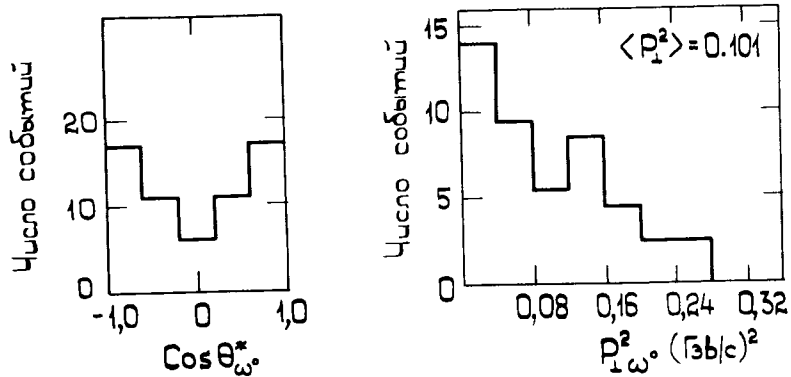
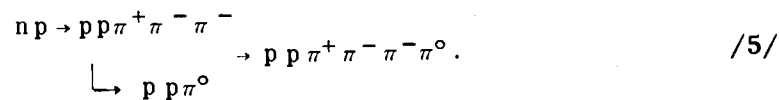


Рис.9. Некоторые характеристики ω^0 -мезона в общей с.ц.м. реакции.

дадут снова эффекты, примерно одинаковые как для заряженных, так и для нейтрального мезонов. Более того, рассмотрение всех возможных расположений π -мезонов в такой схеме приводит к тому, что π^0 -мезоны будут иметь тенденцию к вылету назад в общей с.ц.м. /здесь использованы данные работы^{5/}, где изучались различные реакции пр-взаимодействий при проходящих энергиях/.

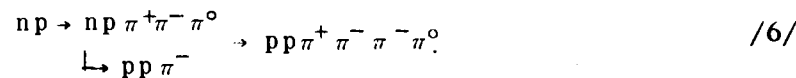
В схеме с обменом мезонами есть, однако, возможность для перерасеяния, при котором характеристики π^0 -мезона будут отличаться от характеристик заряжен-

ных мезонов. Речь идет о возможном протекании реакции /1/ в части случаев в два следующих этапа:



На первом этапе идет реакция $\text{пр} \rightarrow \text{пр} \pi^+ \pi^- \pi^-$, которая изучена нами в работе^{3/} и в которой распределения заряженных частиц не сильно отличаются от изотропных. На втором этапе протоны, в значительной степени сохраняющие направление полета первичных нуклонов, взаимодействуют, давая в конце состояние $\text{пр} \pi^0$.

В реакции $\text{пр} \rightarrow \text{пр} \pi^0$ при энергиях до 3 ГэВ^{6/} π^0 -мезоны имеют симметричное и анизотропное распределение, которое может быть сопоставлено с распределением рис. 1 данной работы. Эффект перерасеяния может возникать и в случае, если реакция /1/ протекает в два этапа

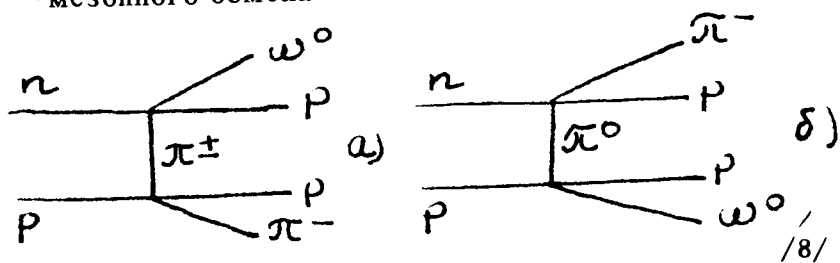


Однако при соответствующих энергиях сечения реакции $\text{пр} \rightarrow \text{пр} \pi^-$ меньше сечения реакции $\text{пр} \rightarrow \text{пр} \pi^0$ ^{7,8/} и π^- -мезоны в ней вытянуты вперед. Возможно, что этот эффект чувствуется, хотя и слабо, в угловом распределении π^- -мезонов /рис. 1/.

Конечно, все эти соображения носят сугубо качественный характер. Однако совокупность приведенных данных свидетельствует о том, что пренебрегать эффектами перерасеяния, по-видимому, нельзя.

Обсудим теперь возможный механизм рождения ω^0 -мезона. На рис. 9 представлены некоторые характеристики рожденного ω^0 -мезона в общей с.ц.м. реакции /1/. Они получаются путем вычитания характеристик случаев из полосы эффективных масс $\pi^+ \pi^- \pi^0$ -мезонов $770 \leq M_{\pi^+ \pi^- \pi^0} \leq 790$ /МэВ/с² характеристик случаев из соседних полос справа и слева от полосы, где заключен ω^0 -мезон. Обращает на себя внимание анизотропное и симметричное угловое распределение ω^0 -мезона в с.ц.м. Если предположить, что образование ω^0 -мезона

идет в реакции $pn \rightarrow pp \omega^0 \pi^-$ /7/ через диаграммы π^- -мезонного обмена



то можно написать, что сечение образования ω^0 через процесс /8а/

$$\sigma_{(8a)}^{\omega^0} \sim \sigma_{\pi^+ n \rightarrow p \omega^0} \cdot \sigma_{\pi^- p \rightarrow \pi^- p} \quad /9/$$

а сечения образования ω^0 через процесс /8б/

$$\sigma_{(8b)}^{\omega^0} \sim \sigma_{\pi^0 p \rightarrow p \omega^0} \cdot \sigma_{\pi^- p \rightarrow \pi^0 n} \quad /10/$$

отношение

$$\sigma_{(8a)}^{\omega^0} / \sigma_{(8b)}^{\omega^0} \approx 1,$$

т.к. $\sigma_{\pi^+ n \rightarrow p \omega^0} / \sigma_{\pi^0 p \rightarrow p \omega^0} \approx 2$, что следует из изотопических соотношений, а $\sigma_{\pi^- p \rightarrow \pi^- p} / \sigma_{\pi^- p \rightarrow \pi^0 n} \approx \frac{1}{2}$

в области масс, характерных для реакции /1/ эффективных масс $\pi^- p$ /около массы $1236 \text{ МэВ}/c^2$ /.

Тогда симметрия углового распределения ω^0 -мезона не удивительна.

ВЫВОДЫ

1. Реакция $pn \rightarrow pp \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^0$ в основном может быть описана матричным элементом вида

$$M^2 \sim e^{-B(y_{\max} - y_1)} \cdot e^{-B(y_2 - y_{\min})} \cdot (\beta_1 + \beta_2 R), \text{ где}$$

$$B=1,41 \text{ и } \beta_1 + \beta_2 = 1;$$

β_2 - доля образования изобары Δ^{++} в реакции, R - резонансный член;

2. Изобара Δ^{++} рождается в большинстве случаев через периферический механизм.

3. Угловые распределения рожденных частиц не противоречат предположению о перерасеянии вторичных нуклонов с рождением одного π^- -мезона;

4. Рождение ω^0 -мезона, вероятно, происходит через π^- -мезонный обмен в реакции $pn \rightarrow pp \omega^0 \pi^-$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, 1-10669, Дубна, 1977.
2. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, 1-11138, Дубна, 1977.
3. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, P1-11614, Дубна, 1978.
4. Popov L.A. Preprint ITEP-18, М., 1977.
5. Гаспарян А.П. и др. ОИЯИ, 1-6211, Дубна, 1972.
6. Smith G.A. et al. Phys.Rev., 1961, v. 123, p. 2160.
7. Benary O. et al. NN and ND Interactions (Above 0,5 GeV/c)-A Compilation. UCRL-2000NN, 1970.
8. Гаспарян А.П. и др. ЯФ, 1970, 12, с. 987.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 мая 1978 года.