

СЗ46.2Г

A-139

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



4727 / 2-78

P1 - 11614

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 $np \rightarrow pp \pi^+ \pi^- \pi^-$

ПРИ $R_n = (5,10 \pm 0,17)$ ГЭВ/С

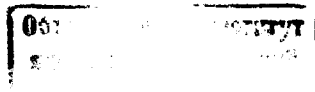
1978

P1 - 11614

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 $np \rightarrow pp \pi^+ \pi^- \pi^-$

ПРИ $P_n = (5,10 \pm 0,17) \text{ ГЭВ/С}$



Абдивалиев А. и др.

P1 - 11614

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

Исследован механизм реакции $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^-$ при $P_n = (5,10 \pm 0,17) \text{ ГэВ/с}$. Показано, что изобары в реакции $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^-$ рождаются, в основном, через периферический механизм. Матричный элемент вида

$$M^2 \sim e^{-2,25(y_{\max} - y_1)} e^{-2,25(y_2 - y_{\min})}$$

где $y_1, y_2, y_{\max}, y_{\min}$ - скорости родившихся протонов и начальных нуклонов, соответственно, описывает достаточно хорошо экспериментальные распределения за исключением эффективных масс $N\pi$ -комбинаций, которые требуют введения в полный матричный элемент резонансного члена.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Abdivaliev A. et al.

P1 - 11614

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

The $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^-$ reaction mechanism was investigated at $P_n = (5,10 \pm 0,17) \text{ GeV/c}$. It is shown that the isobars in the $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^-$ reaction are produced mainly through a peripheral mechanism. The next type of a matrix element

$$M^2 \sim e^{-2,25(y_{\max} - y_1)} e^{-2,25(y_2 - y_{\min})}$$

where $y_1, y_2, y_{\max}, y_{\min}$ - velocities of protons produced and those of primary nucleons, respectively, describes rather well experimental distributions, except for the $N\pi$ -combination effective masses which require the introduction of a resonance member into a complete matrix element.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

В предыдущих наших работах^{/1,2/} определены сечения реакции $np \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^-$ /1/ и сечения образования резонансов в ней. Было показано, что реакция /1/ при $P_n = /5,10 \pm 0,17/ \text{ ГэВ/с}$ идет почти в 100% случаев через образование Δ_{33}^{++} -изобары.

В данной работе мы попытаемся проанализировать механизм протекания реакции и сконструировать адекватный ему матричный элемент. К сожалению, при данной энергии для описания используемой реакции применим ни статистический^{/3/} подход из-за малого числа частиц в конце и малости энергии, ни мультипериферический^{/4/} - из-за малого доступного фазового объема. По-видимому, как и в других реакциях при этих энергиях, наиболее близка к эксперименту была бы модель однопионного обмена в современной интерпретации^{/5/}, но расчеты по ней исследуемой нами реакции очень сложны /а поэтому и более неопределенны/ из-за необходимости учета очень большого количества диаграмм.

Как мы увидим из приводимых ниже распределений, процесс /1/ достаточно периферичен и в то же время многие его характеристики близки к получаемым из фазового объема, поэтому при описании процесса мы старались учесть эти обе его особенности.

На рис. 1 представлены угловые распределения в с.с.м. различных частиц из реакции /1/. Распределение со значком Δ^{++} - угловое распределение Δ_{33}^{++} , в которое входят комбинации протона и π^+ -мезона, имеющие эффективную массу, заключенную в пределах $1160 \leq M_{\pi p} \leq 1300 \text{ МэВ/с}^2$. На рисунке, как и в дальней-

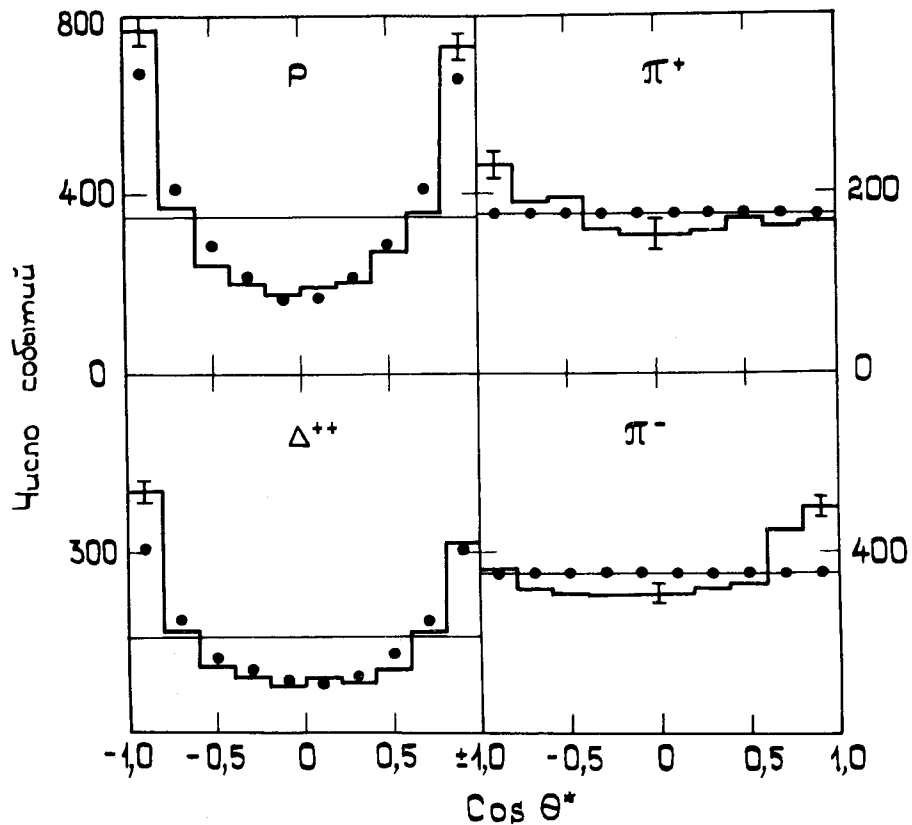


Рис. 1. Распределения по $\cos \theta^*$ в с.ц.м. вторичных частиц.

шем, сплошная линия - распределение, полученное из фазового объема /программа "Форс"/, точками обозначено распределение, получаемое при использовании сконструированного нами матричного элемента реакции, учитывающего периферичность процесса /назовем его в дальнейшем МЭП/. Как видно из рисунка, если угловые распределения мезонов более или менее удовлетворительно описываются фазовым объемом /н МЭП/, то угловые распределения нуклонов и Δ_{33}^{++} резко анизотропны и хорошо описываются только МЭП.

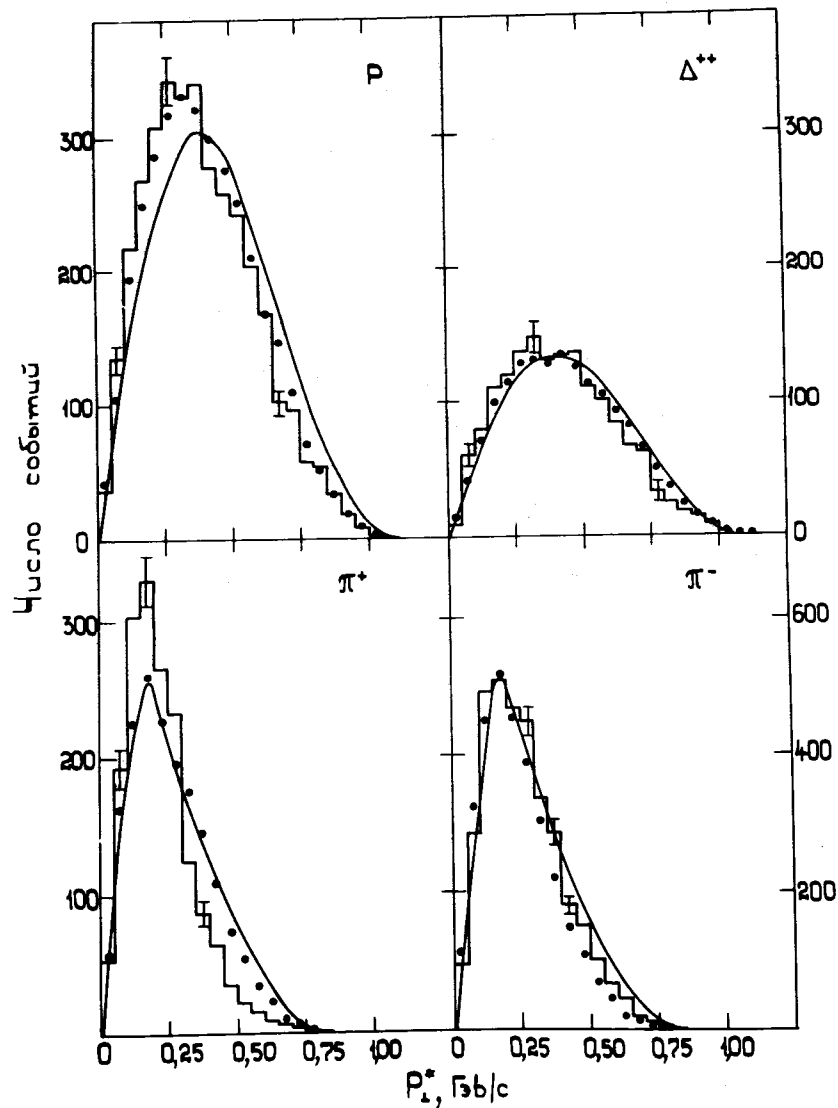


Рис. 2. Распределения по P_{\perp} вторичных частиц.

На рис. 2 представлены распределения по P_{\perp} для частиц разного сорта, на рис. 3 импульсные распределения частиц, на рис. 4 - распределения по $X^* = P_{\parallel}^* / P_{\max}^*$,

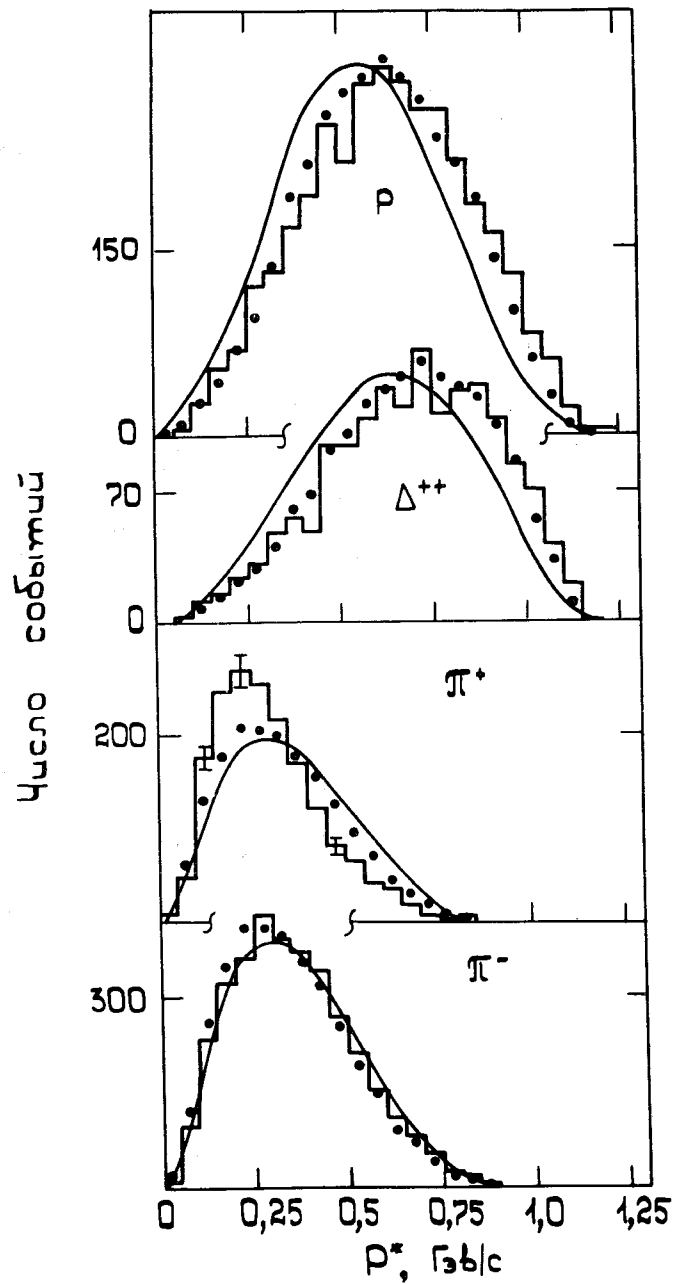


Рис. 3. Импульсные распределения частиц в с.ц.м.

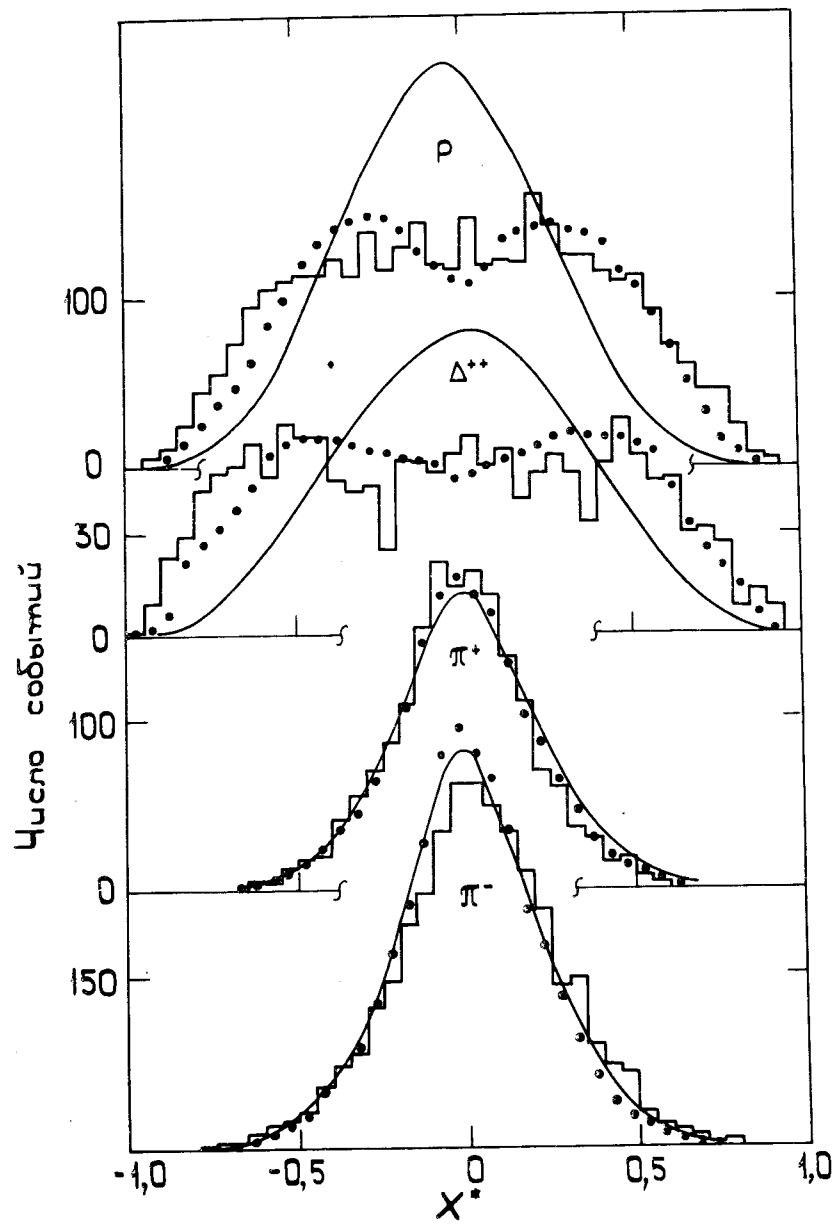


Рис. 4. Распределения по $X^* = P_{||}^* / P_{\max}^*$ для вторичных частиц.

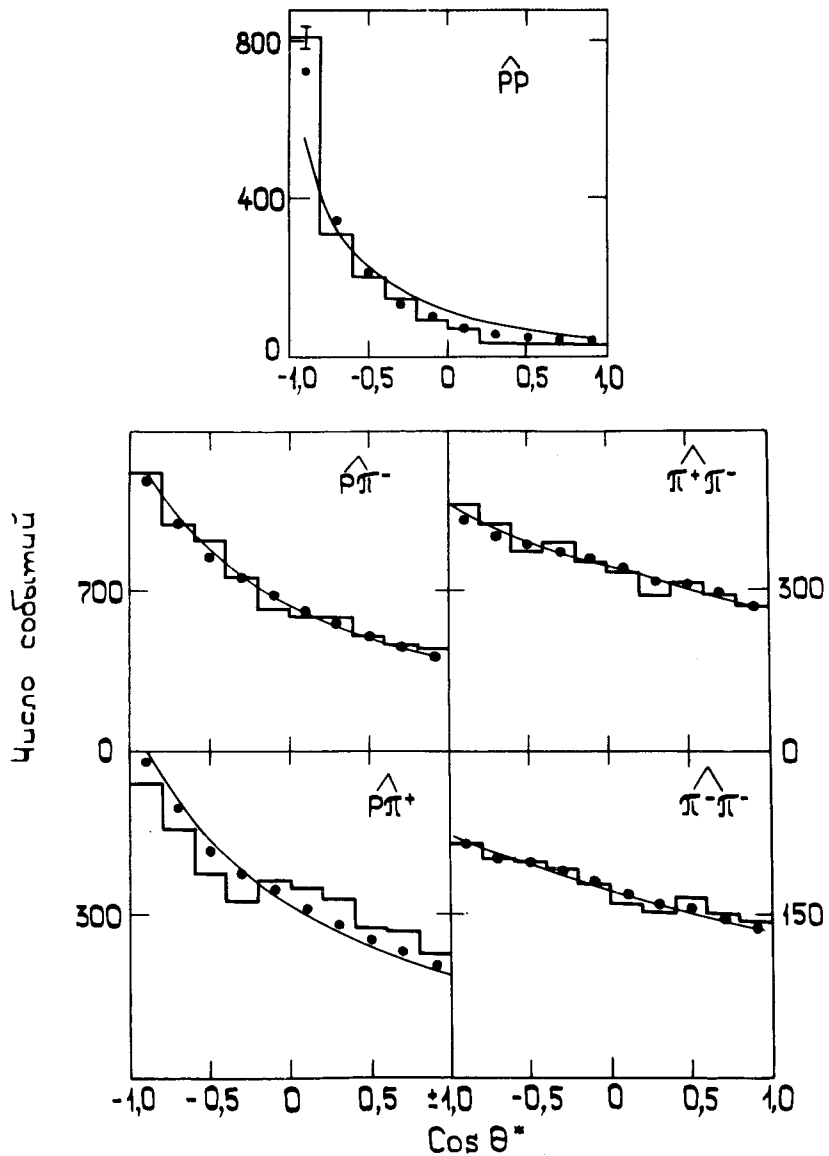


Рис. 5. $\cos \theta^*$ между вторичными частицами.

где P_{\max}^* вычисляется с учетом образованных трех пионов. На рис. 5 представлены углы между частицами в с.д.м. Эффективные массы нуклона и π -мезона, вы-

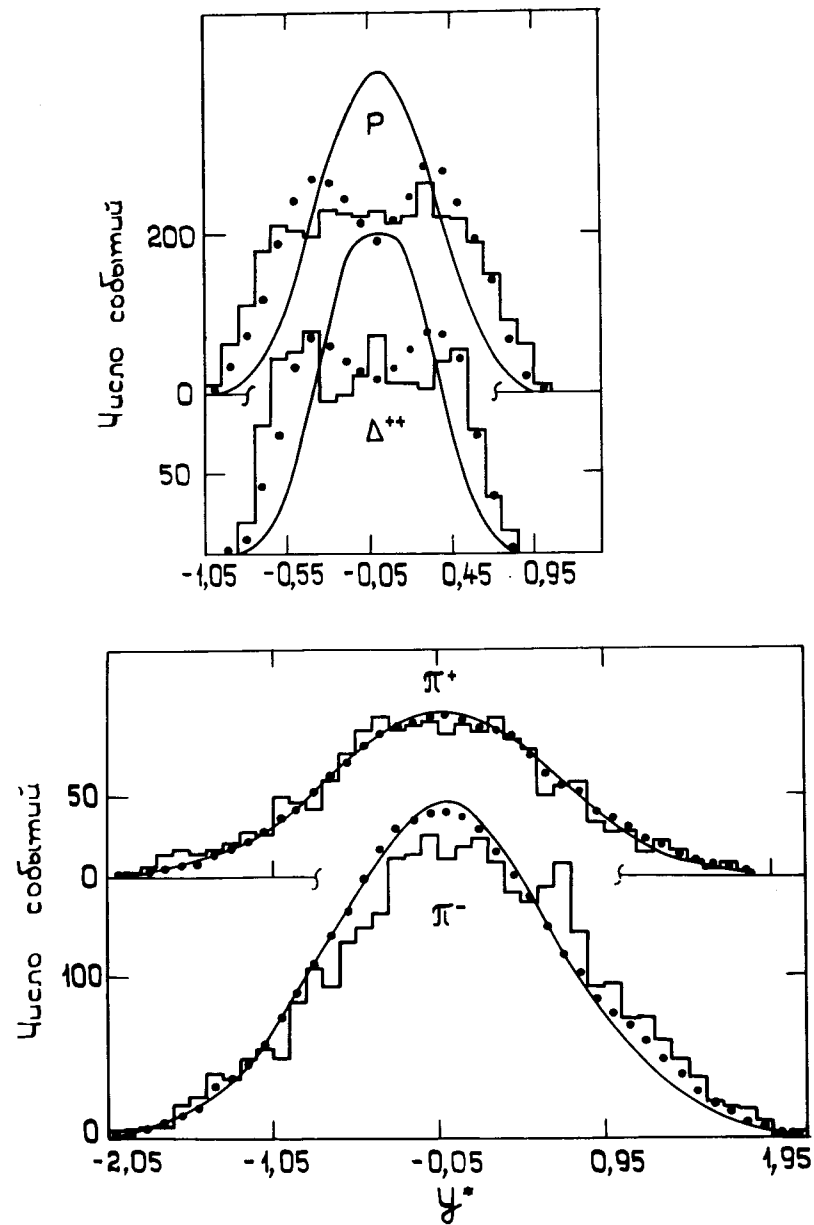


Рис. 6. Распределения по быстротам для всех вторичных частиц.

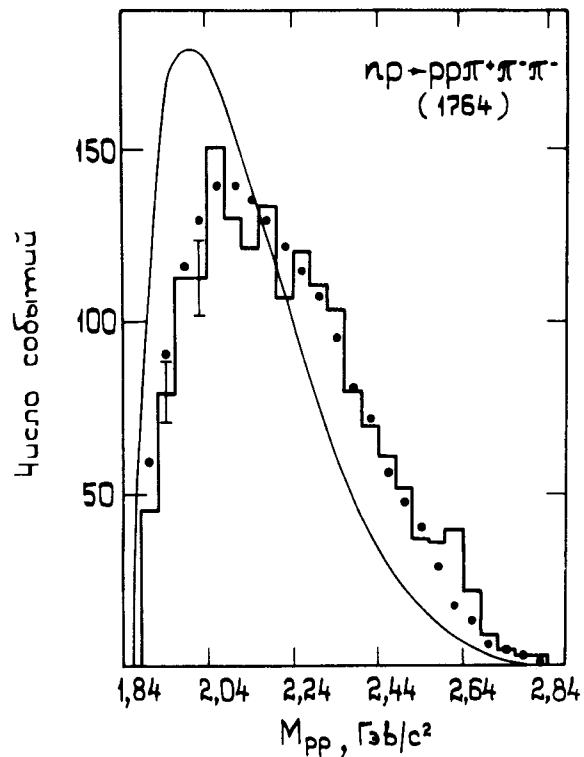


Рис. 7. Распределение по эффективной массе двух протонов.

численные с использованием МЭП, совпадают с массами, вычисленными по фазовому объему. На рис. 6 представлены распределения по y^* , на рис. 7 - эффективные массы двух протонов. Из всех распределений следует, что использование матричного элемента периферического типа достаточно хорошо описывает эксперимент.

КОНСТРУКЦИЯ МАТРИЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ТИПА

Наиболее резко присутствие механизма периферического типа проявляется в характеристиках изобар и нуклонов, как видно из приведенных выше рисунков.

Поэтому естественно было в матричный элемент ввести в первую очередь характеристики образовавшихся нуклонов. Кроме того, как видно из рис. 1 работы^{/2/} и рис. 6 настоящей работы, нуклоны в основном не перекрываются в пространстве быстрот. Поэтому в первом приближении можно было факторизовать матричный элемент относительно двух нуклонов. Рассмотрим величину $(P_n P_1)(P_p P_2)$, где $(P_n P_1)$ - скалярное произведение четырехимпульса начального протона и "быстрого" вторичного нуклона, $(P_p P_2)$ - скалярное произведение четырехимпульса начального протона и "медленного" вторичного нуклона /определение "быстрого" и "медленного" нуклона дано в работе^{/2/}, оно означает, что $y_1^* > y_2^*$, где y^* быстроты нуклонов в с.ц.м./.

Выражая, как обычно, энергию и продольный импульс через быстроты $E = m_{\perp} \text{ch} y$; $P_{\parallel} = m_{\perp} \text{sh} y$, можно записать

$$(P_n P_1)(P_p P_2) = m_{\perp 1} m_{\perp 2} \text{ch}(y_{\max} - y_1) \text{ch}(y_2 - y_{\min}). \quad /2/$$

Здесь $m_{\perp i} = \sqrt{m_i^2 + p_{\perp i}^2}$, y_{\max} - быстрота падающего нейтрона, y_{\min} - быстрота протона-мишени. Заметим, что написанное выражение - инвариант ввиду аддитивности переменной y .

Формулу /2/ можно переписать в виде:

$$\begin{aligned} & m_{\perp 1} m_{\perp 2} \text{ch}(y_{\max} - y_1) \text{ch}(y_2 - y_{\min}) = \\ & = \frac{m_{\perp 1} m_{\perp 2}}{4} e^{y_{\max} - y_1} [1 + e^{-2(y_{\max} - y_1)}] e^{y_2 - y_{\min}} \times \\ & \times [1 + e^{-2(y_2 - y_{\min})}]. \end{aligned} \quad /3/$$

Для грубого сравнения с экспериментом можно положить

$$m_{\perp 1} [1 + e^{-2(y_{\max} - y_1)}] = e^{a(y_{\max} - y_1)}$$

и

$$m_{\perp 2} [1 + e^{-2(y_2 - y_{\min})}] = e^{a(y_2 - y_{\min})}. \quad /4/$$

Отметим, что $a > 0$.

Выражение /3/ переписывается тогда в виде

$$\frac{m^2}{4} e^{(1+a)(y_{\max} - y_1)} e^{(1+a)(y_2 - y_{\min})} \quad /5/$$

Полагая, наконец, $1+a = B$ ($B > 1$), запишем квадрат матричного элемента в виде

$$M^2 = e^{-B(y_{\max} - y_1)} e^{-B(y_2 - y_{\min})} \quad /6/$$

Значение M^2 тем больше, чем меньше разности $y_{\max} - y_1$ и $y_2 - y_{\min}$, т.е. чем более периферичны вторичные нуклоны.

Мы специально подробно остановились на математическом представлении скалярных произведений как функций поперечных импульсов и быстрот, чтобы продемонстрировать их роль в сконструированном матричном элементе.

Распределения эффективных масс систем $N\pi$, вычисленные по фазовому объему и с использованием МЭП, совпадают. Это является, по-видимому, следствием изотропности угловых распределений π -мезонов и того факта, что использование МЭП слабо меняет импульсные распределения нуклонов. Поэтому происходит лишь поворот векторов импульсов нуклонов в фазовом пространстве относительно изотропных /и почти неизменных по импульсу/ π -мезонов, что не меняет распределения масс $N\pi$ по сравнению с фазовым пространством. Конечно, это рассуждение относится к данной первичной энергии и данной множественности вторичных частиц.

Экспериментальные распределения эффективных масс содержат эффекты от изобар. Поэтому полный матричный элемент, очевидно, должен содержать резонансный член брейт-вигнеровского типа с весом, определенным из анализа масс. В качестве фона в этот матричный элемент должен быть взят МЭП.

Оценку коэффициента B в формуле /6/ можно сделать, исходя из того факта, что равенство /4/ должно быть справедливо и в среднем. Вычисляя /4/ при $\Delta y = y_{\max} - y_1 = 0,65$, $F_{11}^2 = 0,19$ и $\sqrt{D_{y_1}} = 0,5$ /эти значения следуют из эксперимента/, получаем $B = 1,94$ с точностью порядка 10%.

Лучшее описание наибольшего числа экспериментальных распределений в реакции $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^-$ получается с параметром $B = 2,25$ /точки на всех приведенных рисунках/. Из сравнения оценки для B и выбранного значения следует, что параметр B определяется, в основном, средними характеристиками реакции.

ВЫВОДЫ

1. В реакции $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^-$ при импульсе падающих нейтронов $5,10 \pm 0,17$ ГэВ/с рождение изобар происходит, в основном, через периферический механизм.

2. Матричный элемент вида

$$M^2 = e^{-2,25(y_{\max} - y_1)} e^{-2,25(y_2 - y_{\min})},$$

где y_1 , y_2 , y_{\max} и y_{\min} - быстроты родившихся протонов и начальных нуклонов, соответственно, описывает достаточно хорошо большое число распределений из указанной реакции за исключением эффективных масс $N\pi$ -комбинаций, которые требуют введения в полный матричный элемент резонансного члена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдвалиев А. и др. ОИЯИ, 1-10669, Дубна, 1977.
2. Абдвалиев А. и др. ОИЯИ, 1-10916, Дубна, 1977.
3. Фейнберг Е.Л. УФН, 1971, 104, с.539.
4. Никитин Ю.П., Розенталь И.Л. Теория множественных процессов. Атомиздат, М., 1976, гл. VI.
5. Ponomarev L.A. Preprint ITEP-18, М., 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 мая 1978 года.