

4509/2-78

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С346.2г
А-139

P1 - 11616

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

МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ $pn \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-n$
ПРИ $P_n = (5,10 \pm 0,17)$ ГэВ/с

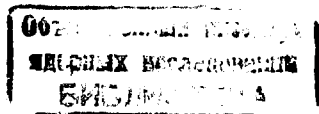
1978

P1 - 11616

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 $np \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-n$

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



Абдивалиев А. и др.

P1 - 11616

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

Исследован механизм реакции $np \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-n$ при $P_n = (5,10 \pm 0,17)$ ГэВ/с. Показано, что в реакции $np \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-n$, где в 84% случаев образуются изобары Δ_{33} в системах $p\pi^+(n\pi^-)$, изобары в значительной степени рождаются через периферический механизм. В спектре эффективных масс $p\pi^+\pi^+(n\pi^-\pi^-)$ комбинаций наблюдается пик при массе $M=1440$ с шириной $\Gamma \leq 60$ МэВ/с². Эта особенность в 96% случаев связана с $\Delta^{++}(\Delta^-)$ изобарой. Сечение его образования в реакции $np \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-n$ при $P_n = 5,1$ ГэВ/с равно (35 ± 4) мб.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Abdivaliev A. et al.

P1 - 11616

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

The $np \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-n$ reaction mechanism at $P_n = (5,10 \pm 0,17)$ GeV/c was investigated. It is shown that in the $np \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-n$ reaction 84 percent of events are produced through Δ_{33} isobars in the $p\pi^+(n\pi^-)$ system, the peripheral mechanism being dominating. In the effective mass spectrum of $p\pi^+\pi^+(n\pi^-\pi^-)$ combinations a peak was observed at the mass of $M=1440$ and width of $\Gamma \leq 60$ MeV/c². For 96 percent of events this is due to $\Delta^{++}(\Delta^-)$ isobars. The cross sections of N_{1440}^{++} production in the $np \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-n$ reaction at $P_n = 5,1$ GeV/c is equal to (35 ± 4) μ b.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

Реакция $np \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-n$ /1/ при $P_n = 5,10 \pm 0,17$ ГэВ/с частично исследована нами в работах /1,2/, где определены ее полные сечения и сечения образования в ней нуклонных изобар. Показано, что реакция /1/ в 84% случаев идет через образование Δ^{++} или Δ^- .

В данной работе мы приводим другие характеристики этой реакции и попытаемся обсудить возможные ее механизмы. На рис. 1 представлены угловые распределения различных частиц из реакции /1/. На рисунке, как и везде в дальнейшем, сплошной линией представлены распределения, получаемые из фазового объема /программа "Форс"/, точками - распределения после использования матричного элемента периферического типа /3/, о котором подробнее будет идти речь ниже.

На рис. 2,3 показаны распределения по P_{\perp} и полному импульсу в с.ц.м., соответственно. Изотопическая симметрия реакции /1/ позволяет объединить указанные распределения для p и n , π^+ и π^- , что и сделано при построении распределений рис. 2 и 3.

На рис. 4,5 представлены распределения по $X^* = P_{\perp}^* / P_{\perp}^*$ и $y^* = 1/2 \ln[(E^* + P_{\parallel}^*) / (E^* - P_{\parallel}^*)]$ для частиц разного сорта; пунктиром обозначены распределения отдельно для положительных частиц / p , π^+ , Δ^{++} /. P_{\perp}^* для всех частиц определяется с учетом числа и сорта родившихся частиц.

На рис. 6 представлены углы между различными частицами в с.ц.м., на рис. 7 - эффективные массы протона и нейтрона.

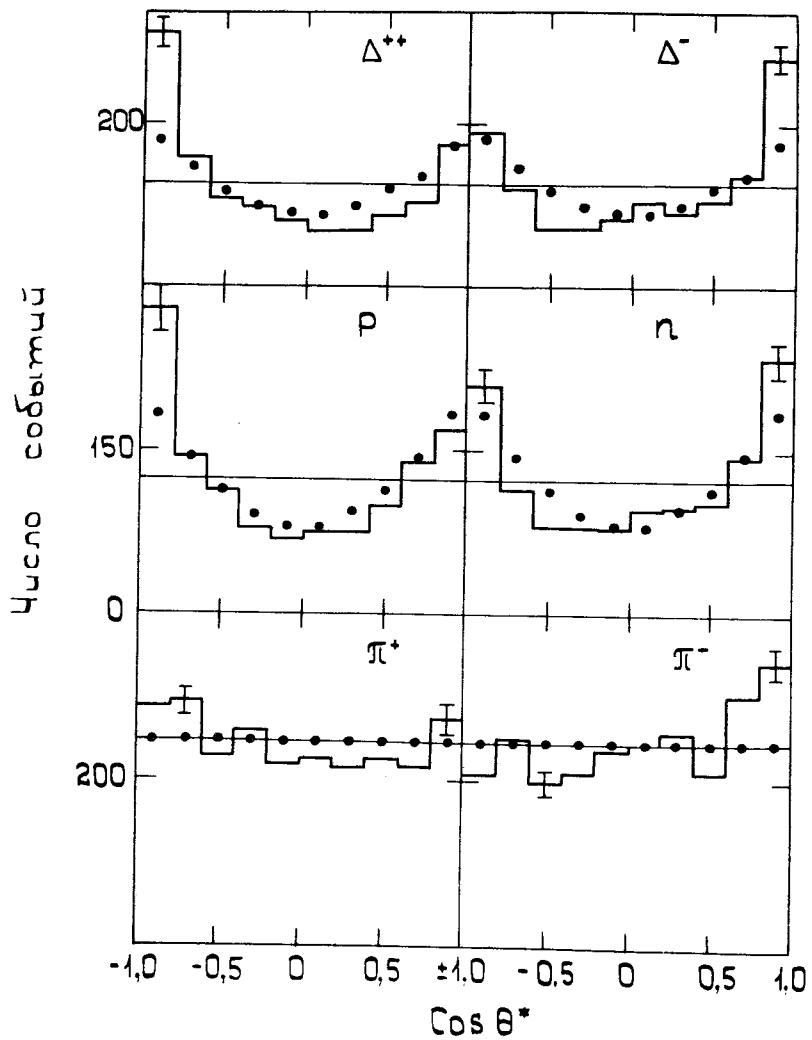


Рис. 1. Распределение по $\cos \theta^*$ в общей с.ц.м. реакции.

Матричный элемент периферического типа, как и в работах /3,4/, был выбран в форме

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

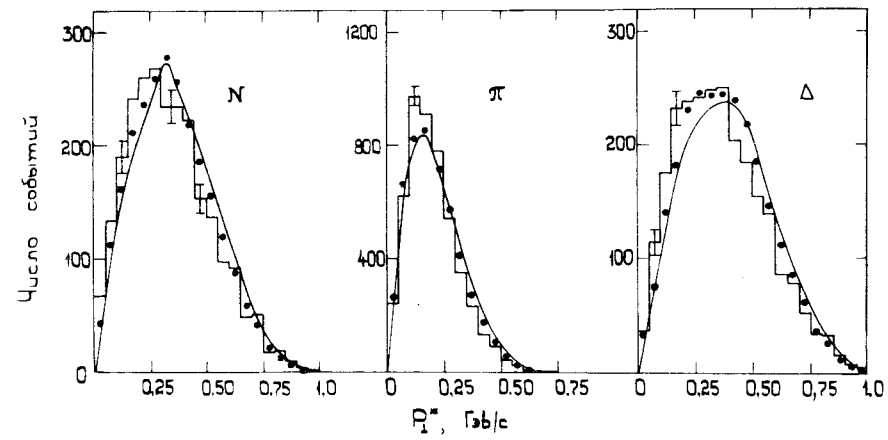


Рис. 2. Распределение по перпендикулярному импульсу.

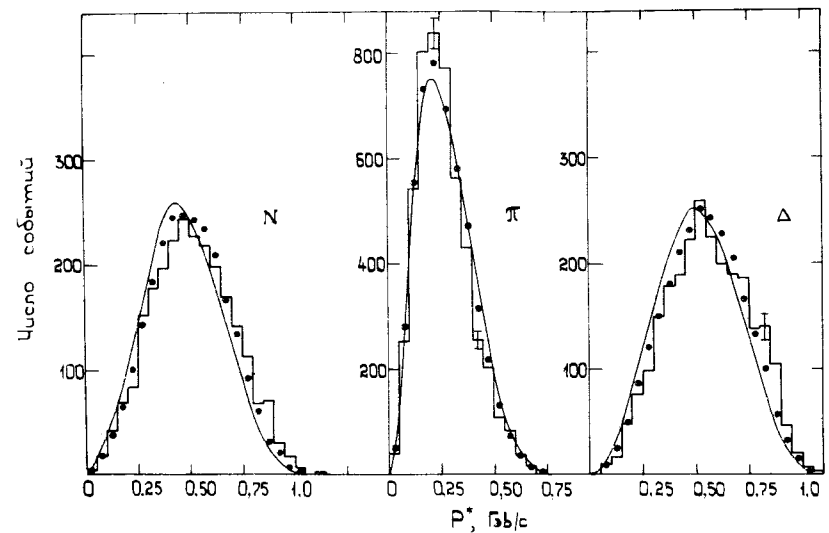


Рис. 3. Импульсные распределения вторичных частиц в с.ц.м. реакции.

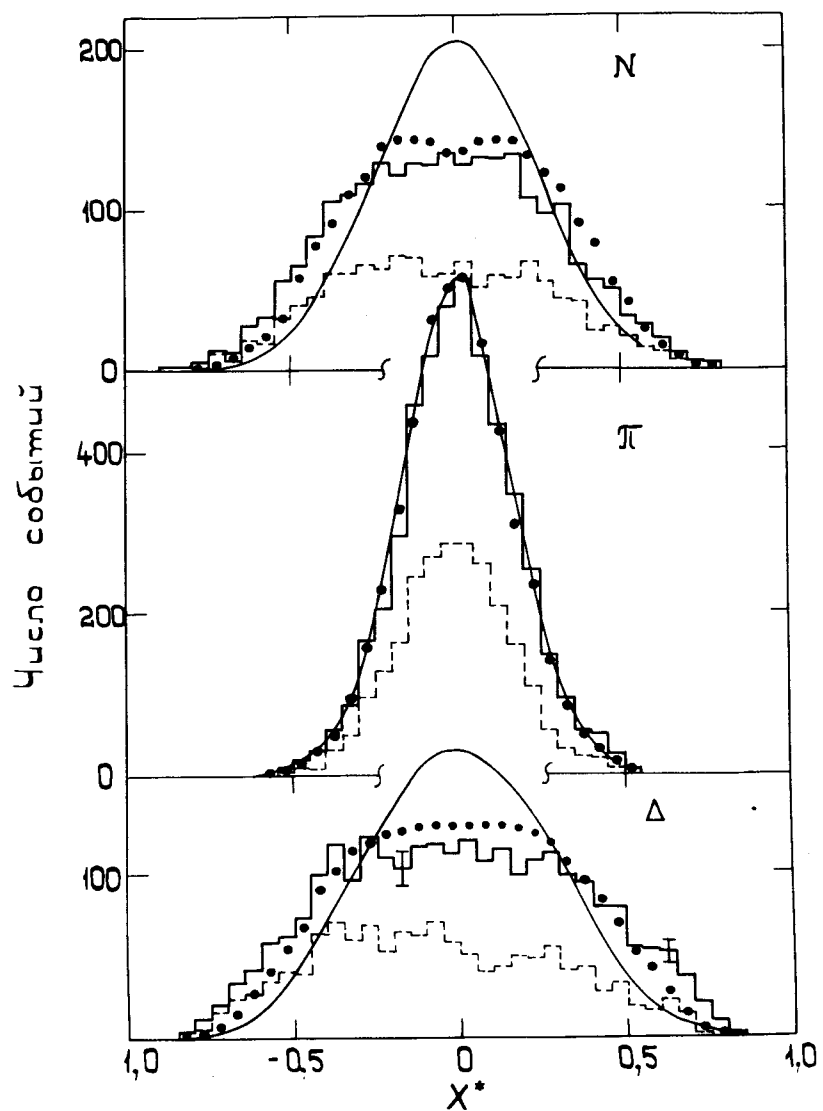


Рис. 4. Распределение по $X^* = P_{||}^* / P_{\max}^*$.

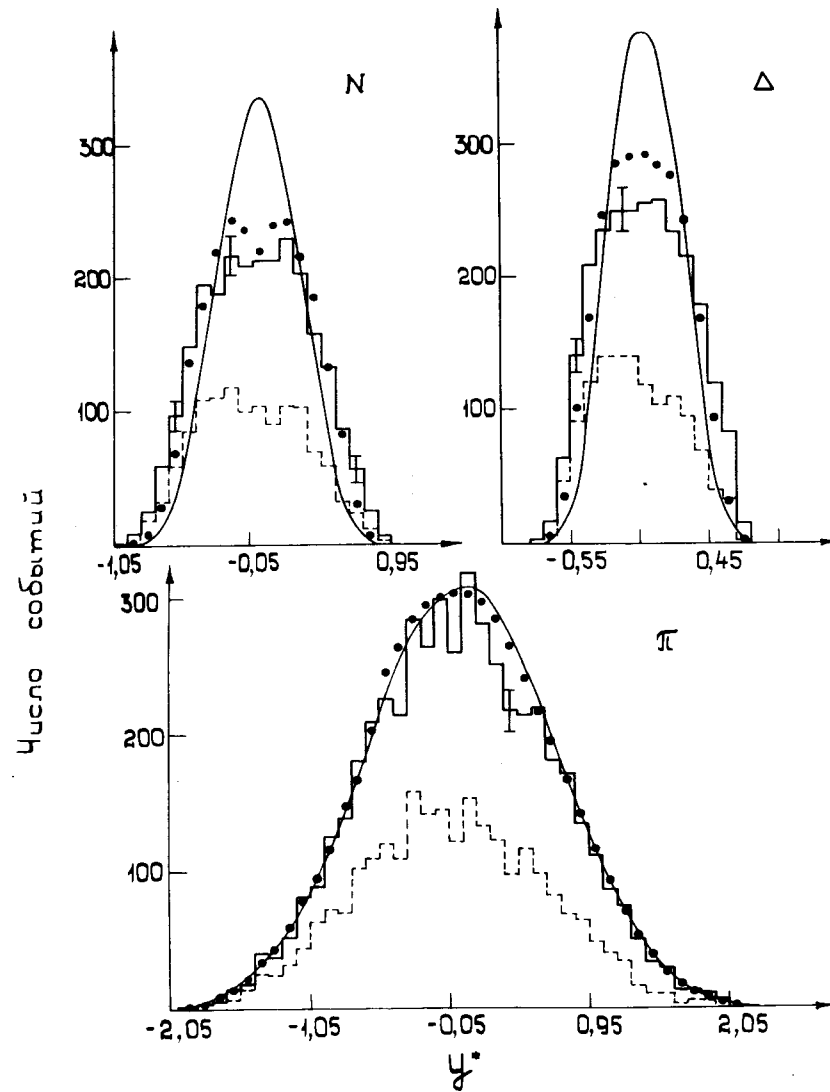


Рис. 5. Распределение по быстроте в с.ц.м.

где y_{\max} , y_{\min} - быстроты в с.ц.м. налетающих нейтрона-снаряда и протона-мишени, y_1 и y_2 - быстроты в с.ц.м. быстрого и медленного нуклонов ($y_1^* > y_2^*$).

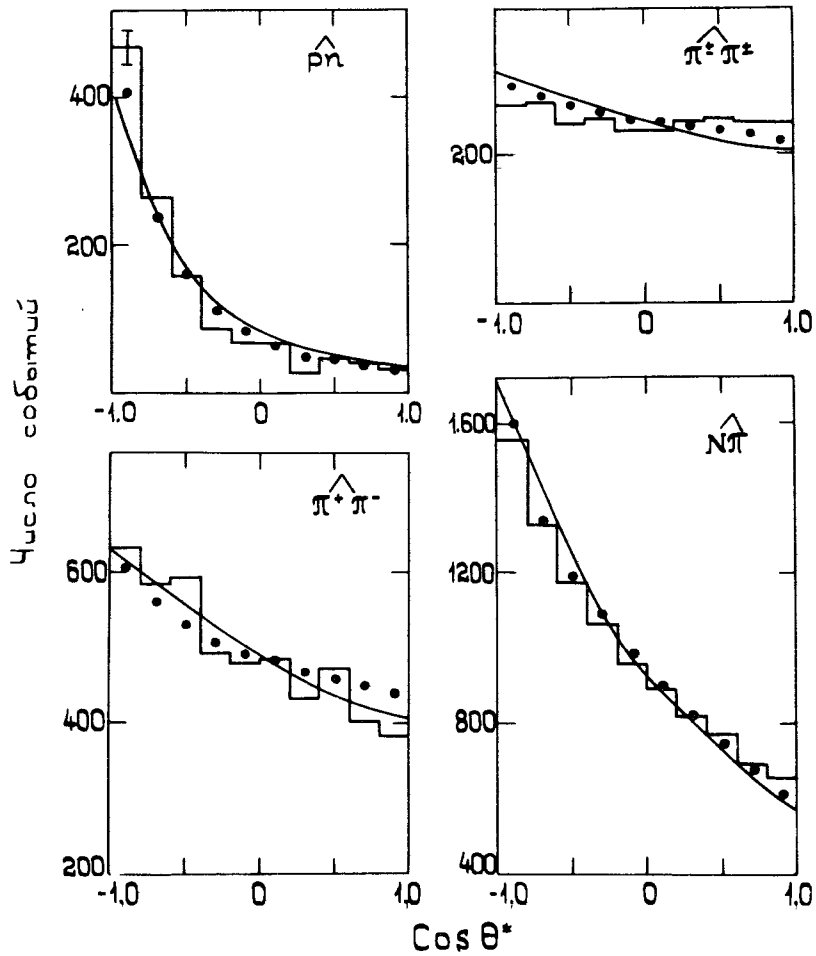


Рис. 6. Углы между различными частицами в с.ц.м. реакции.

Используя, как и в /3/, средние характеристики нуклонов $\overline{P_{\perp}^2} = 0,147 \text{ ГэВ}^2/c^2$, $\overline{y_{\max} - y_1} = \overline{y_2 - y_{\min}} = 0,68$, $\sqrt{D_{y_N}} = 0,35$ для реакции /1/, получаем, что коэффициент В должен быть равен $\approx 1,62$. С этим значением и подсчитаны все приведенные ранее распределения. Сильное

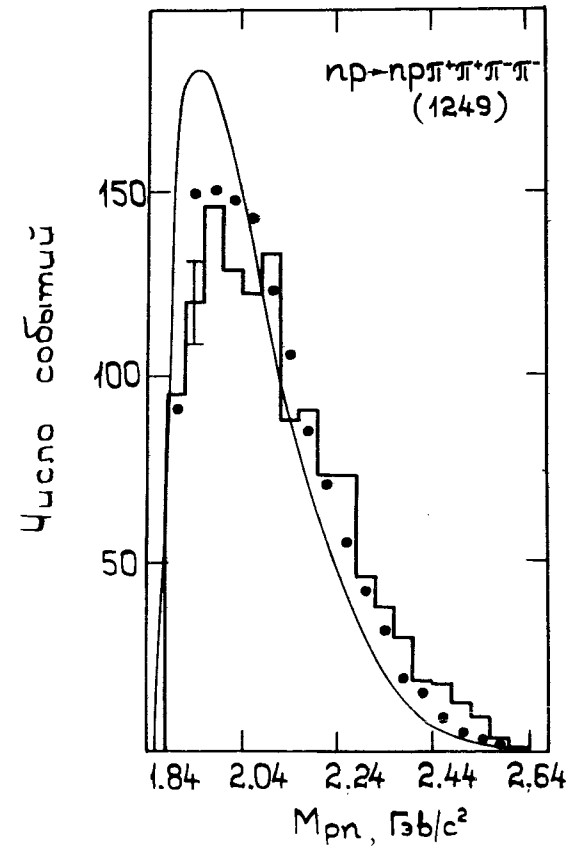
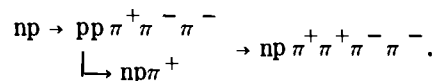


Рис. 7. Эффективная масса вторичных нуклонов - M_{pn} .

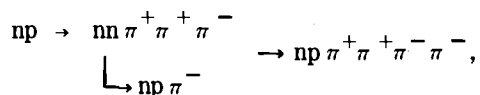
отличие от матричного элемента наблюдается в угловых распределениях нуклонов и Δ , которое обязано, по-видимому, эффекту от образования нуклонных изобар, которые в этой реакции в значительной мере рождаются при помощи сильно периферического механизма /более периферического, чем МЭП/.

Полный матричный элемент, как и в реакциях $pr \rightarrow pr\pi^+\pi^-\pi^-\pi^0$ и $pr \rightarrow pr\pi^+\pi^-\pi^-\pi^0$, должен, конечно, включать резонансный член брейт-вигнеровского типа.

В угловом распределении π^+ -мезонов при $\cos\theta^* > 0.8$ виден небольшой всплеск, который может быть обязан вкладу от вторичного перерасеяния родившихся на первой стадии реакции нуклонов: реакция /1/ может в некоторой доле случаев идти в 2 стадии:



Угловое распределение π^+ -мезонов из реакции $p p \rightarrow p p \pi^+$ при соответствующих энергиях /см. рис. 7/ анизотропно /5/. При этом распределение π^+ -мезонов должно быть симметрично из-за симметрии начальной $p p$ -системы. Такой же всплеск в угловом распределении π^- -мезонов должен наблюдаться при $\cos\theta^* < -0.8$ из-за наличия перерасеяния в реакции



которая по точности равна реакции с двумя протонами в конце. К сожалению, из-за потерь очень медленных π^- -мезонов этого эффекта мы не видим.

Большее превышение над изотропной частью в угловых распределениях π^+ и π^- -мезонов при $\cos\theta_{\pi^+}^* < -0.8$ и $\cos\theta_{\pi^-}^* > 0.8$ обязано эффекту от нуклонных изобар.

Механизмы перерасеяния более подробно обсуждены нами в работе /4/.

ВОЗМОЖНЫЙ РЕЗОНАНС В СИСТЕМЕ $p \pi^+ \pi^+ (n \pi^- \pi^-)$

Проблема существования резонанса с изотопическим спином $5/2$ и проекцией его $\pm 5/2$ стоит в экспериментальном плане уже давно. Хороший обзор экспериментальных данных представлен в работе /6/. В работе /7/ дана верхняя оценка для сечения образования резонанса в системе $p \pi^+ \pi^+$, которая дает значение $\sigma_{p \pi^+ \pi^+} \leq 30 \mu b$, в реакции $p p \rightarrow p \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^-$ при $2 \leq P_n \leq 10 \text{ ГэВ/с}$.

Авторы обзора /6/ приходят к выводу, что экспериментальные данные не противоречат предположению о существовании резонанса в системе $p \pi^+ \pi^+$ при массе $\approx 1470 \text{ МэВ/с}^2$. Теоретический анализ, проведенный этими же авторами, основанный на схеме $SU(3)$ -симметрии, в которую введена еще зависимость массы от орбитального углового момента /8/, приводит к выводу о возможном существовании резонанса в системе $p \pi^+ \pi^+$ с массой в районе $1400-1500 \text{ МэВ/с}^2$, который с вероятностью $\sim 90\%$ должен распадаться по схеме $N^{*++\pm} \rightarrow \Delta^{++} + \pi^+$.

На рис. 8а представлено распределение эффективных масс $p \pi^+ \pi^+$ /сложено с $p \pi^- \pi^-$ / -комбинаций из реакции /1/. Фоновая кривая /сплошная линия/ учитывает вклады от различных подпроцессов реакции /1/ /см. /2/ /, а именно каналы $p p \rightarrow \Delta^{++} \pi^+ \pi^- \pi^- n$, $p p \rightarrow p \pi^+ \pi^+ \pi^- \Delta^-$, $p p \rightarrow \Delta^{++} \pi^+ \pi^- \Delta^-$ и $p p \rightarrow p \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- n$. При массе 1440 МэВ/с^2 виден пик, отстающий более чем на 3 стандартных отклонения от фоновой кривой.

На рис. 8б представлено распределение эффективных масс $p \pi^+ \pi^+$ /сложено с $p \pi^- \pi^-$ / -комбинаций для случаев, когда эффективная масса протона /нейтрона/ хотя бы с одним π^+ (π^-) мезоном лежит в области $1160 \leq M_{p \pi^+ (n \pi^-)} \leq 1300 \text{ МэВ/с}^2$. Фоновая кривая /сплошная линия/ получена путем вычитания из полной фоновой кривой /рис. 8а/ фазовой кривой /подпроцесс $p p \rightarrow p \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- n$, составляющий 16% всей реакции /1//. Из рис. 8б видно, что число событий в полосе $1420 \leq M_{p \pi^+ \pi^+ (n \pi^- \pi^-)} \leq 1460 / \text{МэВ/с}^2$ уменьшается всего на 2 по сравнению с рис. 8а, в то время как в соседних интервалах уменьшение числа событий значительное. Эффект по сравнению с фоном увеличивается /6 стандартных отклонений/.

Из данных рис. 8а и 8б следует, что возможно существование изобары с изотопическим спином $5/2$ и проекцией $\pm 5/2$; масса этого резонанса 1440 МэВ/с^2 , полная ширина $\leq 60 \text{ МэВ/с}^2$. Изобары примерно в 96% случаев распадаются по каналу $N_{1440}^{*++\pm} \rightarrow \Delta^{++} + \pi^+$.

На рис. 9 представлены для сравнения распределения эффективных масс $p \pi^+ \pi^- (n \pi^+ \pi^-)$, $p \pi^- \pi^- (n \pi^+ \pi^+)$ -

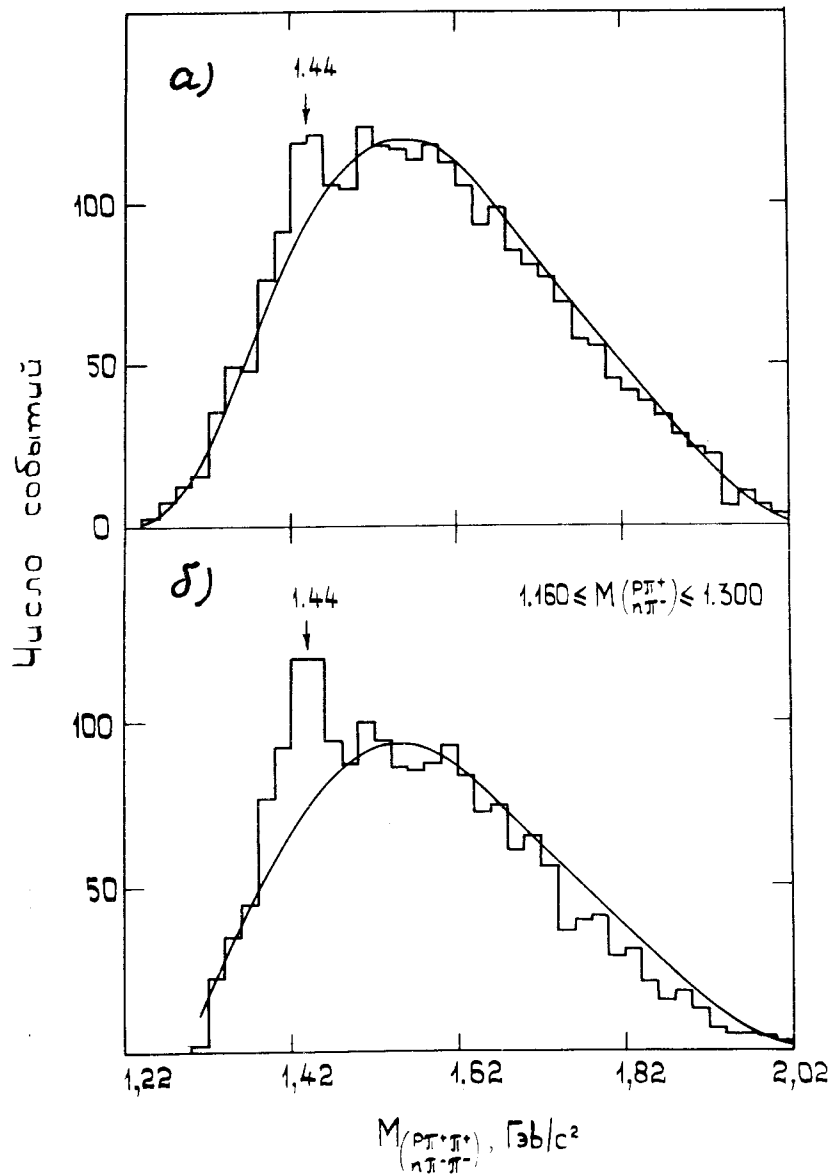


Рис. 8. Распределение эффективных масс $\rho\pi^+\pi^+(\pi\pi^-\pi^-)$ комбинаций: а/ вся статистика /верхний рисунок/, б/ из событий, где масса $\rho\pi^+(\pi\pi^-)$ - комбинаций заключена $1,160 \leq M_{\rho\pi^+(\pi\pi^-)} \leq 1,300 / \text{ГэВ}/c^2$.

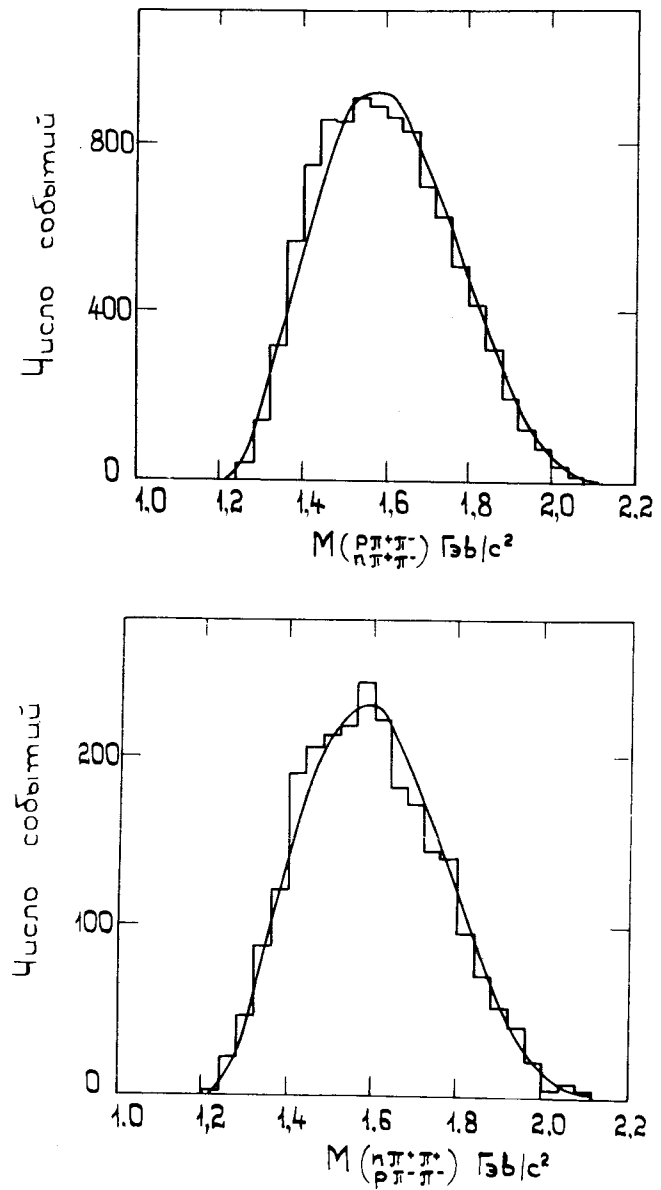


Рис. 9. Распределение эффективных масс $\rho\pi^+\pi^-(\pi\pi^+\pi^-)$, $\rho\pi^-\pi^-(\pi\pi^+\pi^+)$ - комбинаций.

комбинаций. В этих распределениях особенностей в районе масс $1400 \text{ МэВ}/c^2$ не наблюдается.

На рис. 10 показаны некоторые характеристики системы $p\pi^+\pi^+$ из полосы $1420 \leq M_{p\pi^+\pi^+} \leq 1460 \text{ МэВ}/c^2$. Заштрихованные распределения - характеристики систем $p\pi^+\pi^+$ из полос слева и справа от указанной. Из рисунка следует, что в пределах ошибок все представленные распределения из полосы, содержащей пик, и из соседних полос, совпадают.

Если принять, что мы наблюдаем образование резонанса с массой $1440 \text{ МэВ}/c^2$ в системе $\Delta^{++}\pi^+(\Delta^-\pi^-)$, то суммарное сечение его образования в реакциях

$$p\bar{p} \rightarrow \Delta^{++}\pi^+\pi^-\pi^-\bar{n} \quad (p\pi^+\pi^+\pi^-\Delta^-)$$

и

$$p\bar{p} \rightarrow \Delta^{++}\pi^+\pi^-\Delta^-$$

равно $35 \pm 4 \mu\text{б}$.

ВЫВОДЫ

В реакции $p\bar{p} \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-\bar{n}$, где в 84% случаев образуются изобары Δ_{33} в системах $p\pi^+$ ($n\pi^-$), изобары в значительной степени рождаются через периферический механизм. Матричный элемент периферического типа не вполне хорошо описывает экспериментальные данные. Для более точного описания необходим более "острый" матричный элемент, что связано с сильной периферичностью в рождении изобар.

Эффекты перерасеяния вторичных нуклонов играют, по-видимому, меньшую роль, чем, например, в реакции $p\bar{p} \rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^-\pi^0$, что опять-таки обязано, по-видимому, сильному образованию нуклонных изобар /нуклоны "связаны" в изобарах/.

В спектре эффективных масс $p\pi^+\pi^+(n\pi^-\pi^-)$ комбинаций виден пик при эффективной массе $1440 \text{ МэВ}/c^2$. Эта особенность целиком /в 96% случаев/ связана с $\Delta^{++}(\Delta^-)$ изобарой. Ширина предполагаемого резонанса $\Gamma \leq 60 \text{ МэВ}/c^2$. Сечение его образования в реакции $p\bar{p} \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^-\bar{n}$ при $P_n = 5,1 \text{ ГэВ}/c$ равно $35 \pm 4 \mu\text{б}$.

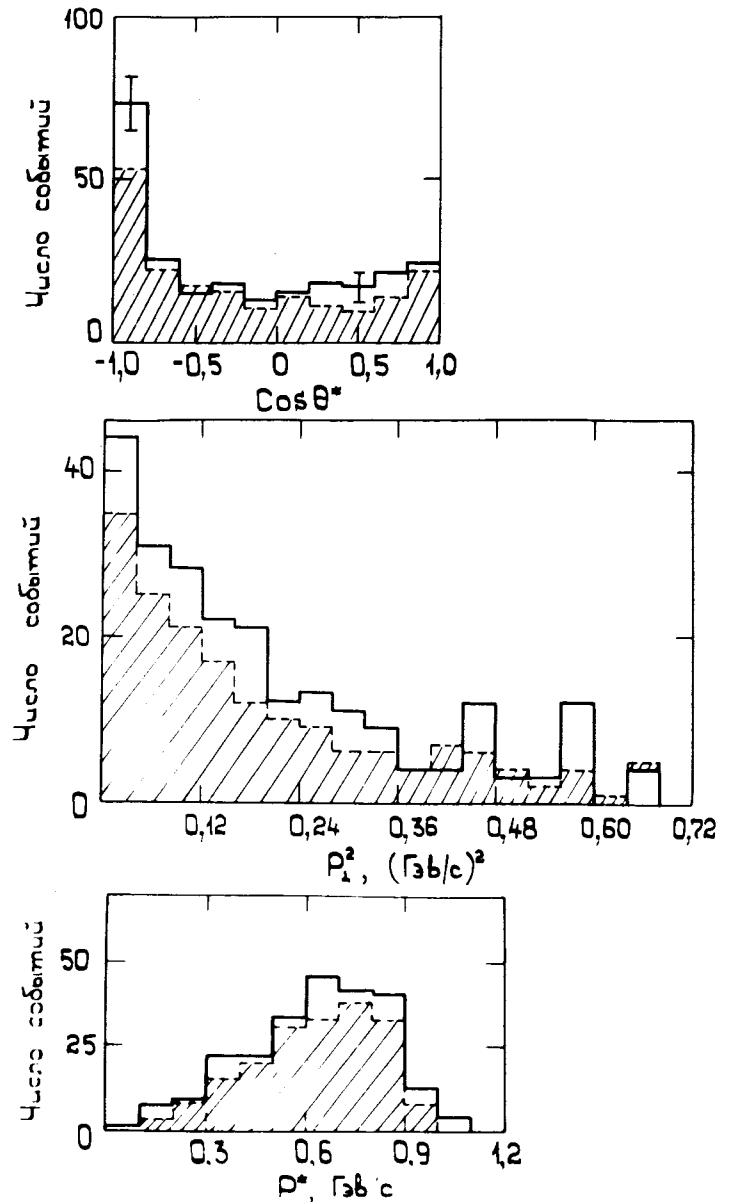


Рис. 10. Некоторые характеристики системы $p\pi^+\pi^+$ из полосы $1420 \leq M_{p\pi^+\pi^+} \leq 1460 \text{ ГэВ}/c^2$. Заштрихованные распределения - характеристики систем из полос слева и справа от указанной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, 1-10669, Дубна, 1977.
2. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, 1-11137, Дубна, 1977.
3. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, P1-11614, Дубна, 1978.
4. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, P1-11615, Дубна, 1978.
5. Smith G.A. e.a. *Phys.Rev.*, 1961, 123, p.2160.
6. Hegedus E. e.a. *Z.Phys.*, 1969, 225, p.121-124.
7. Мороз В.И., Никитин А.В., Троян Ю.А. ЯФ, 1969, IX, с.374; ОИЯИ, E1-3940, Дубна, 1968.
8. Abramovici A. e.a. *Z.Phys.*, 1972, 255, p.446.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 мая 1978 года.