

С 346.65

A-139

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



97/2-78

2/1-78
1 - 10916

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЙ

ОБРАЗОВАНИЯ РЕЗОНАНСОВ

В РЕАКЦИИ $pp \rightarrow pp \pi^+ \pi^- \pi^-$ ПРИ $P_n = 5,1$ ГЭВ/С
С ПРИМЕНЕНИЕМ СПОСОБА УПОРЯДОЧЕНИЯ
КОНЕЧНЫХ ЧАСТИЦ ПО БЫСТРОТАМ

1977

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЙ

ОБРАЗОВАНИЯ РЕЗОНАНСОВ

В РЕАКЦИИ $np \rightarrow pp \pi^+ \pi^- \pi^-$ ПРИ $p_n = 5,1$ ГЭВ/С
С ПРИМЕНЕНИЕМ СПОСОБА УПОРЯДОЧЕНИЯ
КОНЕЧНЫХ ЧАСТИЦ ПО БЫСТРОТАМ

Абдигалиев А. и др.

1 - 10916

Определение сечений образования резонансов в реакции
 $n p \rightarrow p p \pi^+ \pi^- \pi^-$ при $P_n = 5,1$ ГэВ/с с применением
способа упорядочения конечных частиц по быстройтам

Определены сечения образования различных резонансов в реакции
 $n p \rightarrow p p \pi^+ \pi^- \pi^-$ при импульсе падающих нейтронов 5,1 ГэВ/с. Анализ распределений эффективных масс произволился после упорядочения конечных частиц по быстройтам $Y^* = 1,2 \ln[(E^* + P^*)/(E^* - P^*)]$. Показано, что реакция $n p \rightarrow p p \pi^+ \pi^- \pi^-$ в 95% случаев идет через образование нуклонных изобар. Указаний на образование бозонных резонансов нет.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Данная работа посвящена определению сечений образования резонансов в реакции



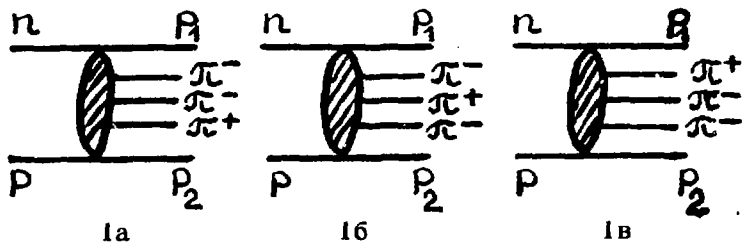
при взаимодействии квазимонохроматических нейтронов¹ с импульсом $/5,10 \pm 0,17/ \text{ГэВ/с}$ с протонами в 1-метровой водородной пузырьковой камере ЛВЭ ОИЯИ.

Методы разделения каналов реакций в 5-лучевых звездах изложены в работе² Сечение реакции /1/ оказалось равным $/0,64 \pm 0,04/ \text{ мб}$.

Исследование образования резонансов в многочастичных реакциях путем изучения распределений по эффективной массе частиц затруднено из-за наличия ложных комбинаций.

В данной работе проводилось упорядочение вторичных частиц во всех событиях реакции /1/ по скорости $Y \approx 1/2 \ln | E^* + P_{11}^* | / (E^* - P_{11}^*)|$. вычисляемой в с.ц.м. реакции.

Обозначим конечные протоны номерами 1 и 2, причем всегда $Y_{P1}^* > Y_{P2}^*$. Назовем протон под номером 1 "быстрым", а протон под номером 2 - "медленным". Для π^- -мезонов возможно 6 перестановок в зависимости от того, как располагаются величины их скоростей в порядке убывания. В силу неразличимости конечных π^- -мезонов имеем 3 конфигурации в зависимости от того, на каком месте - первом, втором или третьем - стоит по скорости π^+ -мезон. Назовем π^- -мезон, имеющий наибольшую скорость, "быстрым", наименьшую - "медленным", промежуточную - "средним". Соответствующие диаграммы будут иметь вид:



Подчеркнем, что диаграммы Ia, Ib и Ib не несут пока никакой физической информации о механизмах процессов, а являются графической иллюстрацией нашего способа упорядочения по быстротам. Более высокие линии на этих диаграммах отвечают частицам с большими быстротами, причем быстроты протонов сравниваются между собой, а π -мезонов - между собой. Распределение по быстройте для случаев, соответствующих диаграмме Ia, представлено на рис. 1. Пунктир соответствует $Y^* = 0$; стрелками отмечены кинематически возможные границы быстройт. Значки у π -мезонов "м", "с" и "б" соответствуют медленному, среднему и быстрому π -мезонам. На том же рисунке сплошными линиями проведены кривые, соответствующие распределениям по быстротам

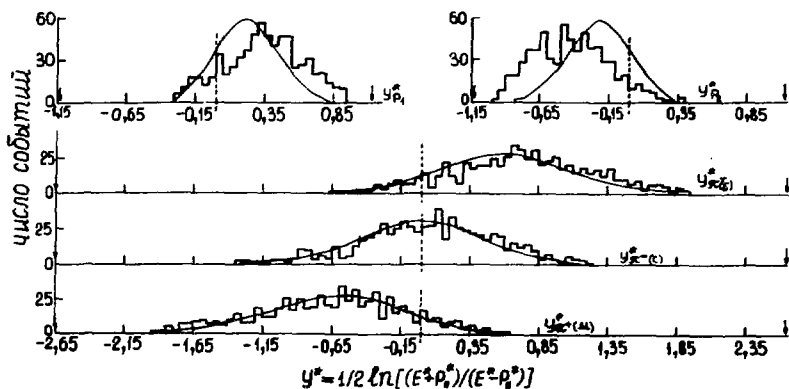
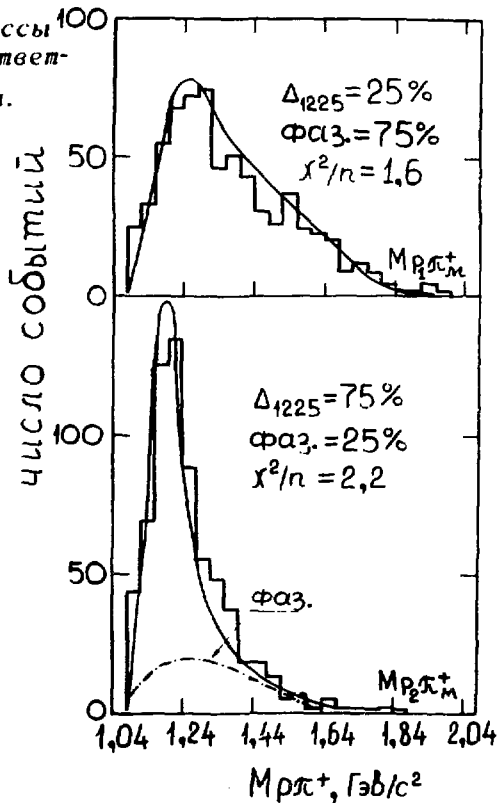


Рис. 1. Распределение частиц по быстротам для случаев, соответствующих диаграмме Ia.

Рис. 2. Эффективные массы $P_{2\pi^+M}$ и $P_{1\pi^+M}$ соответствующие диаграмме 1а.



из реакции /1/ в предположении, что она идет с матричным элементом, равным единице /фазовый объем/. При построении фазовых распределений частицы также упорядочены по быстротам, как и экспериментальные события. Обратим внимание на то, что если фазовые кривые по быстротам для протонов довольно сильно отличаются от экспериментальных, то распределения для π -мезонов совпадают с экспериментальными в пределах ошибок.

Такая же ситуация наблюдается для диаграмм 1б и 1в.

Далее производится построение эффективных масс различных комбинаций частиц из трех групп, соответствующих упорядочениям 1а, 1б, 1в. При этом в качестве фоновых берутся соответствующие комбинации из фазо-

вого объема: например, при описании эффективной массы "медленного" протона и "медленного" π^+ -мезона из диаграммы 1а из фазового объема также выбираются "медленный" /наименьший по скорости из двух/ протон и "медленный" /наименьший по скорости из трех/ π -мезон. Таким образом, при работе с подклассами 1а, 1б, 1в мы как бы разбили все фазовое пространство на три группы по скоростям. В каждой из групп для данной комбинации частиц имеется свой статистический фон.

Аппроксимация распределений производилась резонансными кривыми, взятыми в форме Джексона ^{13/} и описанными выше соответствующими фазовыми кривыми. Был использован следующий набор резонансов:

Δ_{1225} с массой 1225 и шириной 140 МэВ/с², N_{1470}^* с массой 1470 и шириной 210 МэВ/с², N_{1520}^* с массой 1520 и шириной 120 МэВ/с². Ширины резонансов учитывают и экспериментальное разрешение.

На рис. 2,3 показаны распределения по эффективным массам различных комбинаций нуклонов и π -мезонов

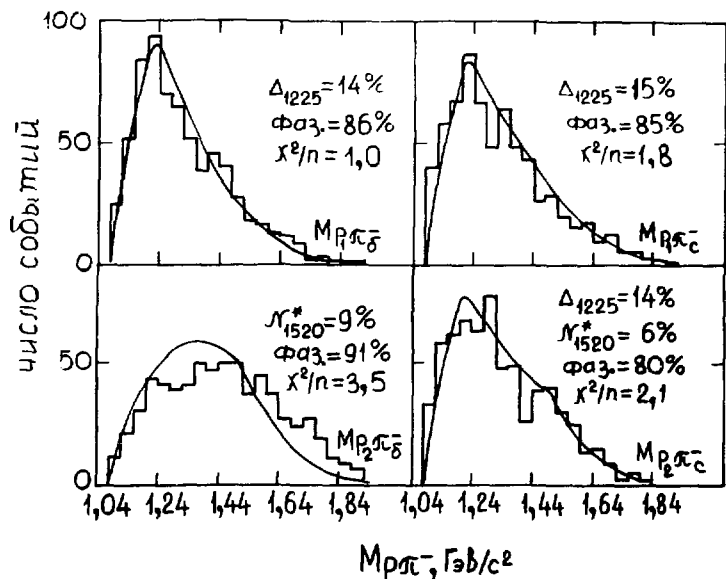


Рис. 3. Эффективные массы P_{π} -комбинаций, соответствующие диаграмме 1а.

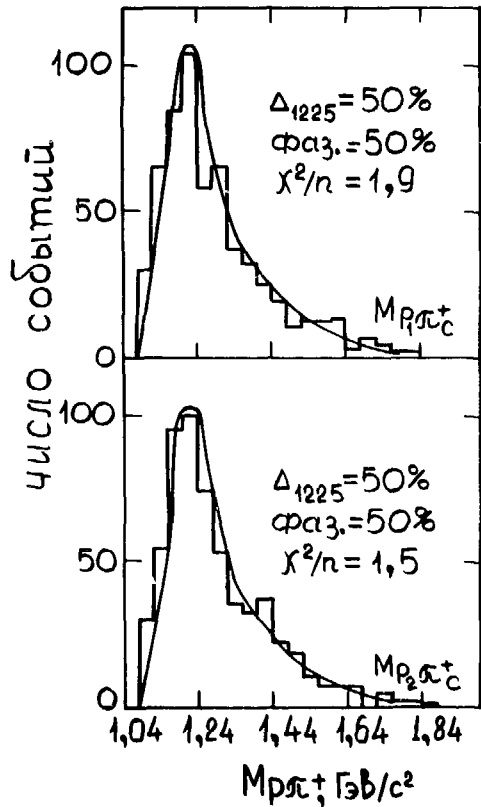
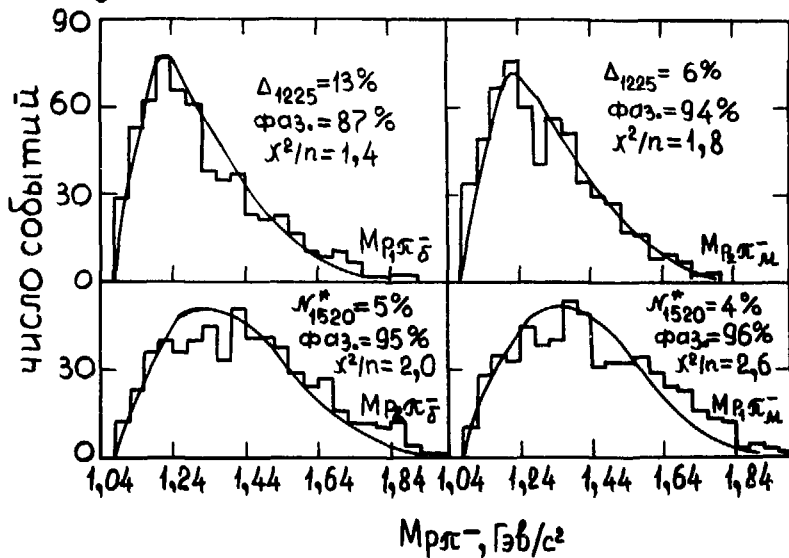


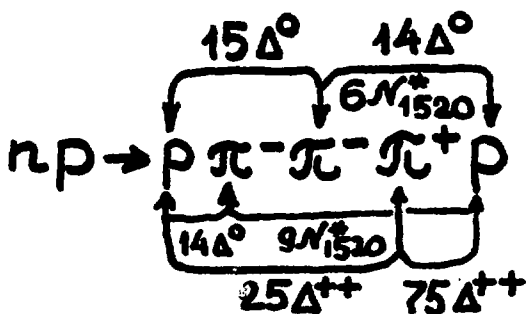
Рис. 4. Эффективные массы $P_2 \pi^+ c$ и $P_1 \pi^+ c$, соответствующие диаграмме 1б.

Рис. 5. Эффективные массы $P \pi^-$ -комбинаций, соответствующие диаграмме 1б.



из подкласса 1а, на рис. 4,5 - из подкласса 1б, на рис. 6,7 - из подкласса 1в. Значки у π -мезонов "б", "с", "м" указывают, с каким /быстрым, средним или медленным/ π -мезоном связывается протон. Сплошные линии - результат аппроксимации резонансной и соответствующей фазовой кривой, дающий наилучший χ^2 . Там же указаны получающиеся проценты вкладов различных резонансов в статистического фона. Везде точность определения вкладов различных процессов равна $\sim 5\%$. Трехчастичные комбинации не показаны на рисунках, т.к. хорошо описываются фазовыми кривыми для процессов с образованием изобар, распадающихся на πN . Также не показаны распределения масс $\pi\pi$ -комбинаций, не имеющие заметных особенностей. Число событий подклассов 1а, 1б, 1в равно 673, 587 и 504 соответственно.

Все результаты аппроксимаций экспериментальных распределений можно схематически представить следующим образом. Например, для подкласса 1а:



На этой схеме частицы в конечном состоянии расположены слева направо в порядке убывания быстроей, цифры около обозначений резонансов показывают долю вклада соответствующего резонанса в процентах, линии со стрелками - соответствующие комбинации.

Для определения сечения рождения резонансов на основе схемы /2/ проведем следующее рассуждение.

Отложим по оси абсцисс доли /в процентах/ резонансов отдельно для "медленного" (P_2) и "быстрого" (P_1) протонов. Если протон с π -мезоном дает резонанс,

Рис. 6. Эффективные массы $P_2 \pi_0^+$ и $P_1 \pi_0^+$, соответствующие диаграмме 1в.

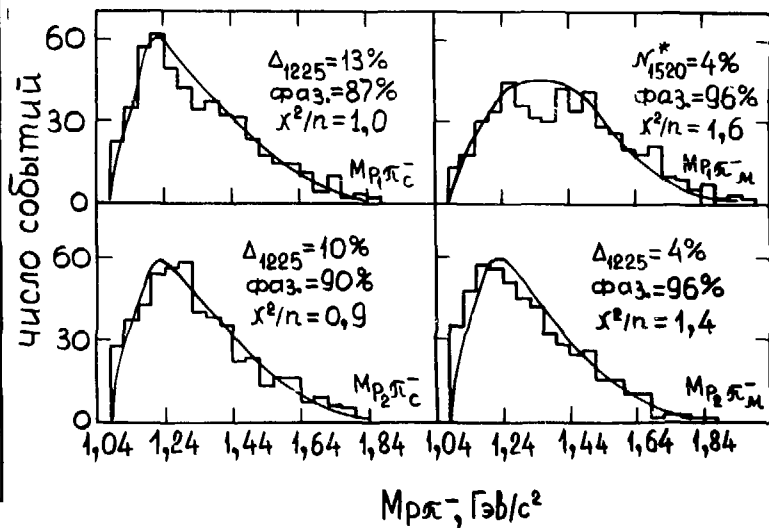
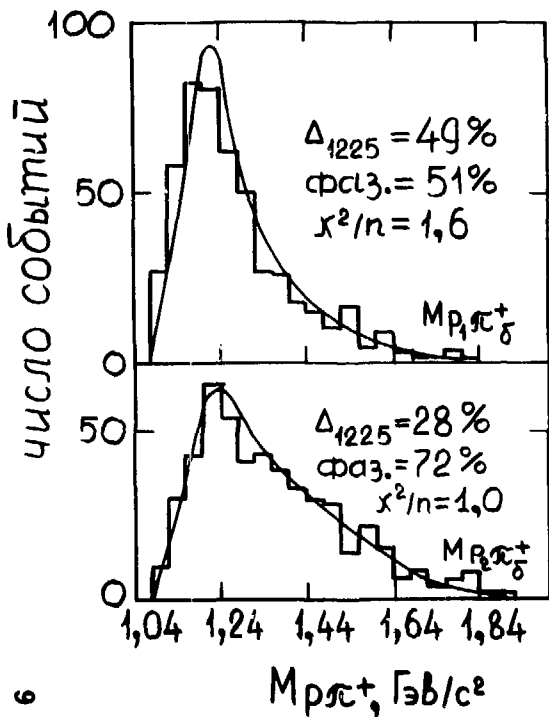
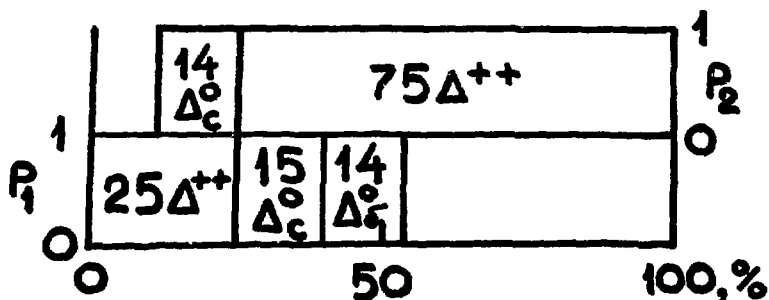


Рис. 7. Эффективные массы $P \pi^-$ -комбинаций, соответствующие диаграмме 1в.

будем откладывать по оси ординат единицу. На графике это выглядит так:



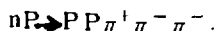
Здесь не указана доля образования изобары N_{1520}^* , чтобы не затруднять рассуждения, т.к. она везде равна $\sim 5 \pm 4\%$.

Когда “медленный” протон (P_2) дает резонанс с π^+ -мезоном (в 75% случаев), протон P_1 может образовать резонанс только со средним или быстрым π^- -мезоном. В оставшихся случаях, когда P_2 с π^+ -мезоном не образует резонанс, “быстрый” протон дает изобару с π^+ -мезоном. Т.к. π^+ -мезон в конечном состоянии один, то из полученных цифр видно, что он всегда $75\% + 25\% = 100\%$ образует резонанс с одним из двух протонов. Протон P_1 не может одновременно дать резонанс с π^+ и π^- -мезонами. Поэтому прямоугольники на графике, обозначающие проценты образования резонансов в комбинациях, содержащих P_1 и π^- , не могут перекрываться с прямоугольником, соответствующим резонансу $\Delta^{++}(P_1\pi^+)$. Не могут перекрываться и прямоугольники, соответствующие изобарам $\Delta^0(P_1\pi_c^-)$ и $\Delta^0(P_1\pi_b^-)$, т.к. P_1 не может одновременно давать резонансы с двумя разными π^- -мезонами. Но тогда изобары $\Delta^0(P_1\pi^-)$ могут образоваться только одновременно с резонансом Δ^{++} , распадающимся на $P_2\pi^+$. Такое же рассуждение справедливо и по отношению к изобаре $\Delta^0(P_2\pi_c^-)$, которая образуется только одновременно с резонансом $\Delta^{++}(P_1\pi^+)$. Отсюда доля канала реакции $nP \rightarrow \Delta^{++}\Delta^0\pi^-$, идущей по схеме $2/1$, равна $14\% + 15\% + 14\% = 43\%$, а доля образования одиночного Δ^{++} в реакции $nP \rightarrow \Delta^{++}P\pi^-\pi^-$, идущей по схеме $2/2$, равна $\sim 57\%$.

Аналогично можно получить для всех классов /1а, 1б, 1в/ значения сечений различных реакций, дающих конечное состояние /1/. Эти значения, просуммированные по всем трем классам, представлены в таблице.

Таблица

Сечения образования различных резонансов в реакции



Реакция	σ , мб
$nP \rightarrow \Delta^{++} p \pi^- \pi^-$	$0,42 \pm 0,03$
$nP \rightarrow \Delta^{++} \Delta^0 \pi^-$	$0,17 \pm 0,01$
$nP \rightarrow \Delta^0 \Delta^0 \pi^+$	$0,01 \pm 0,003$
$nP \rightarrow \Delta^0 p \pi^+ \pi^-$	$0,01 \pm 0,003$
$nP \rightarrow N_{1520}^+$	$0,03 \pm 0,02$
$nP \rightarrow$ нерез. фон	$0,03 \pm 0,003$

Сечения реакций, указанных в таблице, вычислены по формуле

$$\sigma_k = \frac{\sigma_{(1)}}{1764} N_k \quad /3/$$

где σ_k - сечение соответствующей реакции, N_k - число событий этой реакции, просуммированных по всем классам /1а, 1б, 1в/ в соответствии с величиной вклада резонансов, определенной на основе аппроксимаций; $\sigma_{(1)}$ - сечение канала /1/, полученное в работе ², 1764 - число событий этого канала. В ошибках сечений учтены ошибки всех членов в формуле /3/.

Как видно из приведенных рассуждений, мы оставили в стороне вопросы интерференции различных амплитуд. Но можно привести некоторые данные, касающиеся наиболее сильного эффекта - образования резонанса Λ^{++} . На рис. 8 приведена двумерная таблица эффективных масс $P_1 \pi^+$ относительно $P_2 \pi^+$ для всех событий, соответствующих диаграммам 1а, 1б, 1в. Выделим изобару Λ^{++} в виде двух перескающих полос, в которых $1240 \pm \leq M_{\Lambda^{++}} \leq 1116 / \text{МэВ}/c^2$. Если интерференция амплитуд комбинаций $P_1 \pi^+$ и $P_2 \pi^+$ отсутствует, то в пересечении полос должно быть число событий, определяемых суммой,

		$M_{\rho^+\pi^+}, \text{ГэВ}/c^2$									
		1,08	1,24	1,40	1,56	1,72	1,88				
$M_{\rho^+\pi^+}, \text{ГэВ}/c^2$	1,08	55	94	54	21	5	4	2			
	1,24	104	151	117	61	59	32	12	11		
	1,40	43	99	83	35	23	23	22	9	7	
	1,56	19	53	48	23	25	23	16	9	9	5
	1,72	11	42	25	20	13	15	12	3	10	1
	1,88	4	19	19	10	13	9	9	3	3	1
		2	10	18	8	6	2	6	3	4	
			7	5	5	3		2	4	1	1
				7	1	4	2	4	1		
					3	3	2	3			1

Рис. 8. Двумерная таблица эффективных масс $P_{\rho^+\pi^+}$ относительно $P_{\rho^+\pi^+}$ эстроенная для всех событий.

рассчитанной путем линейной интерполяции в область пересечения вертикальной и горизонтальной полос. Линейная интерполяция дает 204 события, эксперимент содержит в области пересечения 151 событие. Хотя оценка и очень грубая, но она все же дает некоторое представление об интерференционных эффектах, которые, по-видимому, возможны на уровне $\pm 10\%$.

Из всего изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Использование упорядочения конечных частиц по быстротам в реакции $\pi P \rightarrow P P_{\pi^+\pi^-}$ дает возможность избавиться от ложных комбинаций и определить сечения образования резонансов в этой многочастичной реакции.

2. Экспериментальные распределения по быстротам для π -мезонов совпадают с распределениями по быстротам для π -мезонов из соответствующих областей фазового пространства, вычисленных в предположении чисто

статистического характера процесса. Экспериментальные распределения по быстротам протонов отличаются от статистических.

3. Реакция $pP \rightarrow PP \pi^+ \pi^- \pi^-$ при 5,1 ГэВ/с идет почти полностью через образование и последующий распад нуклонных изобар. Доля нерезонансного фона составляет ~5% от полного сечения реакции.

Литература

1. Гаспарян А.П. и др. ОИЯИ, 1-9111, Дубна, 1975.
2. Абдвалиев А. и др. ОИЯИ, 1-10669, Дубна, 1977.
3. Jackson I.D. Nuovo Cim., XXXIV, 1644 (1964).