

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1 - 8073

ГУЛКАНЯН  
Грант Рубенович

ИССЛЕДОВАНИЕ  
РЕАКЦИЙ ОБРАЗОВАНИЯ  $\pi$ -МЕЗОНОВ  
И ПИОН-ПИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ  
ПРИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЯХ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
(Диссертация написана на русском языке)

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.  
Заказ 18190. Тираж 140. Уч.-изд. листов 0,95.

Подписано к печати 22.7.74 г.

Редактор О.С.Виноградова.

Дубна, 1974

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований, Дубна.

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук С.А. БУНЯТОВ.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук И.М. ГРАМЕНИЦКИЙ,

доктор физико-математических наук А.А. АНСЕЛЬМ.

Ведущее научно-исследовательское учреждение -

Институт физики высоких энергий, Серпухов.

Автореферат разослан " " 1974 года.

Защита диссертации состоится " " 1974 г.,

в часов на заседании Ученого Совета Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Объединенного института ядерных исследований.

Ученый секретарь Совета

кандидат физико-математических наук

Ю.А. БАТУСОВ

1 - 8073

ГУЛКАНЯН  
Грант Рубенович

ИССЛЕДОВАНИЕ  
РЕАКЦИЙ ОБРАЗОВАНИЯ  $\pi$ -МЕЗОНОВ  
И ПИОН-ПИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ  
ПРИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЯХ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Изучение пион-пионного взаимодействия имеет важное значение для понимания физики сильных взаимодействий. Имеющиеся в настоящее время сведения о фазах пион-пионного рассеяния, полученные из изучения процессов с участием  $\rho$ -мезонов, весьма неполны<sup>/1/</sup>. В первую очередь это относится к  $S$ -волновым фазам  $\pi\pi$ -рассеяния в области энергий  $M_{\pi\pi} < 0,6$  Гэв, где экспериментальные данные значительно отличаются друг от друга. Еще большая неопределенность получается при экстраполяции фаз к пороговой области, при попытках определения низкоэнергетических параметров - длин  $\pi\pi$ -рассеяния.

Значения  $S$ -волновых длин  $\pi\pi$ -рассеяния  $a_0$  и  $a_2$ , полученные при анализе различных экспериментальных данных, приведены в табл. I. Как видно из таблицы, в настоящее время существует большая неопределенность в значениях  $S$ -волновых длин  $\pi\pi$ -рассеяния:  $-0,8 \lambda_\pi < a_0 < 0,8 \lambda_\pi$ ;  $-0,2 \lambda_\pi < a_2 < 0,2 \lambda_\pi$ .

Важным источником информации о длинах  $\pi\pi$ -рассеяния являются реакции  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  вблизи порога и  $K \rightarrow 3\pi$ -распады. Необходимо подчеркнуть, что, как следует из анализа данных по этим реакциям, изучение одного канала реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  вблизи порога или  $K \rightarrow 3\pi$ -распадов не может дать надежных сведений о пион-пионном взаимодействии.

До выполнения настоящей работы экспериментальные данные по реакциям  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  вблизи порога существовали только для одного канала<sup>/13, 3/</sup>



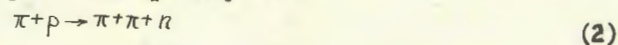
Таким образом, необходимо было изучить другие каналы реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ , в частности, реакции  $\pi^+ p \rightarrow \pi\pi N$ , относительно которых экспериментальные данные при энергиях ниже  $T_\pi < 300$  Мэв полностью отсутствовали.

Настоящая работа посвящена исследованию реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  вблизи порога и  $K \rightarrow 3\pi$ -распадов, с целью определения  $s$ -волновых длин  $\pi\pi$ -рассеяния.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Основные результаты опубликованы в работах /14-20/ и докладывались на научных семинарах Лаборатории ядерных проблем, Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, на научной сессии ОЯФ АН СССР по физике элементарных частиц в 1973 г., на 16-ой и 17-ой международных конференциях по физике высоких энергий (Чикаго, США, 1972 г.; Лондон, Англия, 1974 г.), на 2-ой международной конференции по элементарным частицам (Экс-ан-Прованс, Франция, 1973 г.) и на 4-ой международной конференции по экспериментальной мезонной спектроскопии (Бостон, США, 1974 г.).

Диссертация состоит из четырех глав.

В первой главе диссертации изложена постановка эксперимента, методика поиска и идентификации событий неупругого взаимодействия  $\pi^+$ -мезонов с протонами в фотоэмульсии:



В эксперименте использовались эмульсионные камеры, составленные из стандартных эмульсионных слоев НИКФИ БР толщиной 600  $\mu$ . Четыре камеры размерами 10x10x6,5 см<sup>3</sup> и три камеры размерами 20x10x4,5 см<sup>3</sup> облучались  $\pi^+$ -мезонами с энергией 240 $\pm$ 8 Мэв и 290 $\pm$ 8 Мэв, образованными на выведенном пучке протонов с энергией 670 Мэв на синхроциклотроне ЛЯП ОИЯИ.

Поиск событий, принадлежащих реакциям (2)-(4), проводился по остановкам  $\pi^+$ -мезонов. Найденные по остановкам следы  $\pi^+$ -мезонов прослеживались до точки взаимодействия. При просмотре общего объе-

ма 185 см<sup>3</sup> эмульсии найдено 22000 остановок  $\pi^+$ -мезонов. После прослеживания треков  $\pi^+$ -мезонов зарегистрировано 12400 неупругих взаимодействий  $\pi^+$ -мезонов с протонами и ядрами в фотоэмульсии; из них отбирались так называемые "водородоподобные" события без явного признака взаимодействия на ядре (без следа ядра отдачи или электрона в центре звезды), содержащие, помимо вторичного  $\pi^+$ -мезона, еще один след, который оканчивался в камере; было найдено 700 таких событий. События измерялись и обрабатывались на ЭВМ по программе геометрической реконструкции и кинематического анализа событий в фотоэмульсионных камерах /20/.

Среди отобранных событий было 7 событий с двумя вторичными  $\pi^+$ -мезонами при энергии  $T_\pi \sim 230$  Мэв. При энергии  $T_\pi \sim 275$  Мэв был найден один случай с двумя вторичными  $\pi^+$ -мезонами. Остальные события анализировались по кинематике реакций (3)-(4). Числа событий, удовлетворяющих кинематике реакций (2)-(4) при энергиях  $T_\pi \sim 230$  Мэв и  $T_\pi \sim 275$  Мэв, приведены в табл. 2. Отметим, что ни одно из событий, удовлетворяющих кинематике реакций (3) или (4), не удовлетворяло кинематике этих реакций одновременно.

При определении полных сечений реакций (2)-(4) учитывались поправки, связанные с эффективностью поиска остановок  $\pi^+$ -мезонов, прослеживания треков и определения первичного потока  $\pi^+$ -мезонов. Для каждого типа реакций определялась геометрическая эффективность камер по методу Монте-Карло.

Одним из важных вопросов при определении сечений взаимодействия с протонами в фотоэмульсии является учет вклада взаимодействий на ядрах в фотоэмульсии в исследуемые нами процессы. Нами была выработана методика, позволяющая определить этот вклад при помощи анализа событий, содержащих явный признак взаимодействия на ядре (след ядра отдачи или электрона в центре звезды). В результате ана-

лиза найдено, что вклад фоновых событий для реакций (1), (2) с двумя вторичными  $\pi$ -мезонами составляет  $(20 \pm 5)\%$ , а для реакций (3), (4) с одним вторичным  $\pi$ -мезоном —  $(50 \pm 15)\%$ .

Измеренные значения сечений реакций (2)–(4) приведены в табл. 2. В указанных ошибках учтена неопределенность в оценке фона. Тем же для сравнения приведены сечения при энергии  $T_\pi \sim 300$  Мэв, полученные в ЦЕРНе<sup>/21/</sup>. На рис. 1 и 2 приведены имеющиеся данные по сечениям реакций (2) и (3) в области энергий до 400 Мэв. Полученные нами сечения указывают на то, что с увеличением энергии вблизи порога мезообразования сечение  $\sigma(\pi^+\pi^+n)$  растет значительно медленнее, чем сечение  $\sigma(\pi^+\pi^0p)$ .

Во второй главе диссертации проанализированы данные по реакциям  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  вблизи порога.

Знание сечений двух каналов реакций (1), (2) вблизи порога позволяет определить отношение  $X = |F_{11}|/|F_{21}|$  модулей изотопически-инвариантных амплитуд реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  на пороге в состояниях  $P_{11}$  и  $P_{21}$ . Параметр  $X$  играет существенную роль в низкоэнергетической теории реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  (Грибов, Ансальм, Анисович)<sup>/25/</sup>. В этой теории возможность определения длин  $\pi\pi$ -рассеяния связывается с обнаружением эффектов перерассеяния  $\pi$ -мезонов в конечном состоянии; эти эффекты существенным образом зависят от параметра  $X$ . Используя измеренное нами значение сечения реакции (2) при энергии 230 Мэв и имеющиеся значения сечений реакции (1) вблизи порога и учитывая связь амплитуд этих каналов с изотопически-инвариантными амплитудами, находим:

$$|F_{11}| = 0,36 \pm 0,03 \lambda_\pi; \quad |F_{21}| = 0,20 \pm 0,05 \lambda_\pi; \quad X = 1,8 \pm 0,4.$$

Полученное значение параметра  $X$  показывает, что приближение, применявшееся ранее в работах<sup>/2,3/</sup> с целью определения разности длин  $\pi\pi$ -рассеяния ( $a_0 - a_2$ ) из данных по реакции (1), несправедли-

во. В этих работах в квадрате матричного элемента реакции (1) учитывались только линейные по относительным импульсам конечных частиц члены. Однако при значении  $X = 1,8$  вклад линейных членов слишком мал, и нужно учитывать члены более высокого (второго и третьего) порядка.

В настоящей работе проведено вычисление кубических по относительным импульсам членов в амплитуде реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  и по полученным формулам проанализированы экспериментальные данные по реакции (1) в области энергий (200–260) Мэв (всего 486 событий). Анализ проведен методом максимального правдоподобия. Для вычитания вклада фоновых событий при оценке параметров методом максимального правдоподобия был применен способ, предложенный в работе<sup>/26/</sup>. В результате анализа получен простой вид для квадрата матричного элемента реакции (1), удовлетворительно описывающий всю совокупность экспериментальных данных:

$$|M|^2 \sim 1 + C(k_{12}^2 - \frac{1}{2}E), \quad C = 3,7 \pm 0,6, \quad (5)$$

где  $k_{12}$  — относительный импульс конечных  $\pi$ -мезонов,  $E$  — выделенная энергия (в единицах массы  $\pi$ -мезона). Найдена зависимость полного сечения реакции (1) от энергии:

$$\sigma = \rho^2 E^2, \quad \rho^2 = 0,38 \pm 0,05 \text{ мбн} \quad (6)$$

На рис. 5 экспериментальные одномерные распределения реакции (1), из которых был исключен вклад фоновых событий, сравниваются с теоретическими распределениями. На рис. 4 приведены экспериментальные значения и теоретическая зависимость от энергии полного сечения реакции (1).

При значении  $X = 1,8$  эффекты перерассеяния пионов в конечном состоянии малы, и определить длины  $\pi\pi$ -рассеяния из имеющихся данных не удастся. На рис. 6 показан результат вычисления суммарного вклада линейных, квадратичных и кубических членов, содержащих дли-

ну  $\pi\pi$ -рассеяния  $a_0$ , в одномерные распределения реакции (I). Этот вклад не превышает (5+7)% (при  $|a_0| \approx 1$ ). Таким образом, для обнаружения эффектов перерассеяния пионов в конечном состоянии и определения длины рассеяния  $a_0$  потребуются статистика, примерно на два порядка превышающая имеющуюся.

Изучение реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  представляет интерес также с точки зрения другой низкоэнергетической теории - теории "мягких" пионов. В работах Вайнберга<sup>/27/</sup>, Олссона и Тернера<sup>/28/</sup> показано, что вблизи порога в процесс  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  основной вклад дает диаграмма одномезонного обмена и что, измерив сечения реакций  $\bar{\pi}N \rightarrow \bar{\pi}\pi N$ , можно в принципе определить неизвестный параметр пион-пионной вершины  $\xi$ , определяющий вклад нарушающего киральную симметрию члена в эффективный лагранжиан процесса  $\pi\pi \rightarrow \pi\pi$ .

Определить однозначно параметр  $\xi$  только из данных по полным сечениям реакции (I) не удается<sup>/28/</sup>. Используя также полученное нами значение полного сечения реакции (2) при энергии 230 Мэв (см. рис. I), находим однозначную величину для  $\xi$ :

$$\xi = 0,25 \pm 0,20$$

Однако вопрос о том, насколько справедлива примененная модель для извлечения информации о пион-пионном взаимодействии из данных по реакциям  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ , требует сравнения более детальных теоретических расчетов с экспериментальными данными по полным и дифференциальным сечениям различных каналов.

Другим объектом применимости теории образования трех сильно-взаимодействующих частиц вблизи порога<sup>/25/</sup> являются  $K \rightarrow 3\pi$ -распады, данные по которым проанализированы с целью определения  $S$ -волновых длин  $\pi\pi$ -рассеяния в третьей главе диссертации. В этот анализ, в отличие от предыдущих, включены наиболее точные данные по всем каналам  $K \rightarrow 3\pi$ : а) данные<sup>/29/</sup> по  $\sim 1,5$  млн распадам  $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^+ \pi^-$  (распределение по графику Далица); б) данные<sup>/30/</sup> по

$\sim 0,5$  млн распадам  $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$  (энергетический спектр  $\pi^0$ -мезона); в) парциальные ширины<sup>/31/</sup> всех каналов  $K \rightarrow 3\pi$ .

Проанализирован вопрос о степени нарушения правила  $|\Delta T| = 1/2$  в  $K \rightarrow 3\pi$ -распадах; определен вклад перехода  $|\Delta T| = 3/2$  в амплитуды, парциальные ширины и спектры  $\pi$ -мезонов различных каналов  $K \rightarrow 3\pi$ . Показано, что переход  $|\Delta T| = 3/2$  приводит к увеличению вероятности  $\tau$ -распада на 6+7% и к уменьшению вероятности распада  $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$  на 13+15%, наклон в спектре "непохожего"  $\pi$ -мезона в  $\tau$ -распаде уменьшается на 13+14%, а наклон в спектре  $\pi^0$ -мезона в распаде  $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$  увеличивается на 21+22%. Из анализе, проведенного с учетом кубических по относительным импульсам членов в амплитудах  $K \rightarrow 3\pi$ , получены две допустимые области для  $S$ -волновых длин  $\pi\pi$ -рассеяния  $a_0$  и  $a_2$ :

$$\begin{aligned} a_0 &= 0,59 \pm 0,07 \lambda_\pi & a_0 &= -0,43 \pm 0,04 \lambda_\pi \\ a_2 &= -0,20 \pm 0,03 \lambda_\pi & a_2 &= 0,10 \pm 0,05 \lambda_\pi \end{aligned}$$

Значение  $a_0$  из первого решения ( $a_0 = 0,59 \pm 0,07$ ) находится в хорошем согласии с результатами работ<sup>/7, II/</sup>.

Исследован вопрос о влиянии членов следующего, четвертого, порядка на полученные значения длин рассеяния и установлено, что если аналитические члены четвертого порядка не аномально велики, то их учет может изменить полученные значения  $a_0$  на  $\pm 0,2 \lambda_\pi$  и  $a_2$  - на  $\pm 0,1 \lambda_\pi$ . Можно надеяться, что дальнейшее увеличение и уточнение экспериментального материала по  $K \rightarrow 3\pi$  распадам позволит решить вопрос о величине аналитических членов четвертого порядка и более точно определить длины  $\pi\pi$ -рассеяния.

В последней, четвертой, главе диссертации исследовано радиационное рассеяние  $\pi^+$ -мезонов на протоне с испусканием жестких  $\gamma$ -квантов ( $E_\gamma > 50$  Мэв):

$$\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \gamma p \quad (4)$$

при энергиях  $T_\pi \sim 230$  Мэв и 275 Мэв. До выполнения настоящей работы существовала только одна экспериментальная оценка<sup>/21/</sup> сечения реакции (4) ( $E_\gamma > 50$  Мэв) при энергии  $T_\pi \sim 300$  Мэв, которая находилась в согласии с ранними теоретическими расчетами<sup>/32, 33/</sup> по модели статического нуклона, не учитывающей излучения протона (рис. 3).

В настоящей работе измерены сечения реакции (4) при энергиях  $T_\pi \sim 230$  Мэв и  $T_\pi \sim 275$  Мэв, которые оказались равными  $(0,45 \pm 15)$  и  $(0,82 \pm 0,35)$  мбн, соответственно. Полученные нами экспериментальные значения находятся в хорошем согласии с результатами вычислений по моделям, где учтено излучение протона, — с результатами работы<sup>/34/</sup> и проведенного нами расчета (рис. 3, пунктир) по модели Мусаханова<sup>/35/</sup>; это указывает на необходимость учета в теоретических расчетах излучения протона. Отметим также, что из измеренных нами сечений неупругого  $\pi^+p$ -взаимодействия следует (см. таблицу 2), что ниже  $T_\pi < 300$  Мэв радиационное рассеяние  $\pi^+$ -мезона на протоне с испусканием жестких  $\gamma$ -квантов является главным неупругим каналом  $\pi^+p$ -рассеяния и имеет сечение, примерно на порядок превышающее сечение мезообразования.

В заключение приводятся основные выводы и результаты:

1) Впервые получены данные о реакциях мезообразования в  $\pi^+p$ -соударениях при энергиях ниже  $T_\pi < 300$  Мэв. Измерено сечение реакции  $\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^+n$  при  $T_\pi \sim 230$  Мэв, которое оказалось равным  $30^{+18}_{-12}$  мкбн; оценено сечение этой реакции при  $T_\pi \sim 275$  Мэв;  $26^{+55}_{-20}$  мкбн. Измерены сечения реакции  $\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^0p$  при энергии  $T_\pi \sim 230$  Мэв ( $18^{+12}_{-9}$  мкбн) и при энергии  $T_\pi \sim 275$  Мэв ( $48^{+34}_{-25}$  мкбн).

2) Впервые измерены сечения радиационного рассеяния  $\pi^+$ -мезона на протоне с испусканием жестких  $\gamma$ -квантов ( $E_\gamma > 50$  Мэв) при энергиях ниже  $T_\pi < 300$  Мэв. Показано, что этот процесс является

главным неупругим каналом  $\pi^+p$ -взаимодействия в области энергий ниже 300 Мэв. Сечение этой реакции при энергии  $T_\pi \sim 230$  Мэв оказалось равным  $(0,45 \pm 0,15)$  мбн и при энергии  $T_\pi \sim 275$  Мэв —  $(0,82 \pm 0,35)$  мбн, т.е. примерно на порядок больше сечения мезообразования. Из сравнения полученных экспериментальных значений сечения реакции  $\pi^+p \rightarrow \pi^+\gamma p$  с предсказаниями различных теоретических моделей сделан вывод о необходимости учета излучения протона.

3) Определены изотопически-инвариантные амплитуды  $|F_{11}|$  и  $|F_{31}|$  реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  на пороге; для отношения  $\chi = |F_{11}|/|F_{31}|$  найдено значение  $\chi = 1,8 \pm 0,4$ . Сделаны предсказания для полных сечений всех каналов  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ .

4) Вычислены кубические по относительным импульсам члены в амплитуде реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  в рамках теории образования трех сильно-взаимодействующих частиц вблизи порога и получены формулы для квадрата матричного элемента реакции  $\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-n$  в кубическом приближении.

5) Проведен анализ экспериментальных данных по реакции  $\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-n$  в интервале энергий  $T_\pi = (200+260)$  Мэв с точностью до кубических по относительным импульсам членов. Получен простой вид для квадрата матричного элемента, который удовлетворительно описывает всю совокупность экспериментальных данных; и определена зависимость полного сечения реакции от энергии.

Вычислен вклад членов, содержащих длину  $\pi\pi$ -рассеяния  $a_0$ , в одномерные спектры и оценена необходимая для определения  $a_0$  статистическая точность экспериментальных данных (несколько десятков тысяч событий).

6) В рамках модели Олссона и Тернера определен параметр теории "мягких" пионов  $\xi = 0,25 \pm 0,20$ , определяющий вклад нарушающих киральную симметрию членов в эффективный лагранжиан пион-пионного взаимодействия.

7) Впервые проведен совместный анализ экспериментальных данных по  $K \rightarrow 3\pi$ -распадам в рамках теории образования трех сильно-взаимодействующих частиц вблизи порога. Исследован вопрос о степени нарушения правила  $|\Delta T| = 1/2$  в этих распадах; определен вклад перехода  $|\Delta T| = 3/2$  в амплитуды, парциальные ширины и спектры  $\pi$ -мезонов различных каналов  $K \rightarrow 3\pi$ . Из проведенного анализа, с точностью до кубических членов включительно, получены две допустимые области для  $S$ -волновых длин  $\pi\pi$ -рассеяния  $a_0$  и  $a_2$ :

$$a_0 = 0,59 \pm 0,07 \lambda_\pi \quad a_0 = -0,43 \pm 0,04 \lambda_\pi$$

$$a_2 = -0,20 \pm 0,03 \lambda_\pi \quad a_2 = 0,10 \pm 0,05 \lambda_\pi$$

8) Разработана система программ для обработки экспериментальных данных и анализа широкого класса ядерных реакций в фотоэмульсионных камерах.

Таблица 2

Реакция	Фотоэмульсионные камеры				Водородная пузырьковая камера, ЦЕРН	
	230 $\pm$ 13 Мэв		275 $\pm$ 15 Мэв		~300 Мэв	
	число событий	сечение мкбн	число событий	сечение мкбн	число событий	сечение, мкбн
$\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^+n$	6	30 $^{+18}_{-12}$	I	26 $^{+55}_{-20}$	2	25 $^{+21}_{-16}$
$\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^0p$	5	18 $^{+12}_{-9}$	4	48 $^{+34}_{-25}$	9	110 $\pm$ 40
$\pi^+p \rightarrow \pi^+\gamma p$ ( $E_\gamma > 50$ Мэв)	24	420 $\pm$ 150	II	820 $\pm$ 350	18	220 $\pm$ 50

Таблица I

$S$ -волновые длины  $\pi\pi$ -рассеяния  $a_0$  и  $a_2$  (в единицах  $\lambda_\pi$ )

	$a_0$	$a_2$	Исходная реакция	Ссылки
I.	$a_0 - a_2 = 0,25 \pm 0,05$		$\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-n$ ( $T_\pi = 200 \pm 245$ Мэв)	2
2.	$a_0 - a_2 = 0,42 \pm 0,10$		$\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-n$ ( $T_\pi = 247$ Мэв)	3
3.		$0,19 \pm 0,02$	$\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^+n$ (0,72 Гэв/с) $\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-n$ (0,41 Гэв/с и 1,3 Гэв/с)	4 5
4.	$ a_0  = 0,52 \pm 0,06$	$ a_2  = 0,17 \pm 0,02$	$\pi N \rightarrow \pi\pi N$ $T_\pi < 1$ Гэв	6
5.	$0,6 \pm 0,25$		$K^+ \rightarrow \pi^+\pi^-e^+\nu$	7
6.	$0,17 \pm 0,13$		$K^\pm \rightarrow \pi^+\pi^-e^\pm\nu$	8
7.	$0,67 \pm 0,06$	$0,021 \pm 0,004$	$\pi^-p \rightarrow \pi^0\pi^0n$ (2 Гэв/с)	9
8.	$-0,05 < a_0 < 0,6$	$-0,12 < a_2 < 0,04$	$\pi^-p \rightarrow \begin{cases} \pi^+\pi^-n \\ \pi^-\pi^0p \end{cases}$ (2,77 Гэв/с) 10 $\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-n$ (17,2 Гэв/с) $\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^-\Delta^{++}$ (7,1 Гэв/с)	
9.	$0,65 \pm 0,16$		$\pi N \rightarrow \pi\pi N$ ( $T_\pi = 430$ Мэв)	II
10.	$0,6^{+0,1}_{-0,2}$ $-0,5^{+0,3}_{-0,1}$	$-0,1 \pm 0,1$ $0 \pm 0,1$	$\tau^\pm$	12
II.	$0,59 \pm 0,07$ $-0,43 \pm 0,04$	$-0,20 \pm 0,03$ $0,10 \pm 0,05$	$K \rightarrow 3\pi$	Настоящая работа

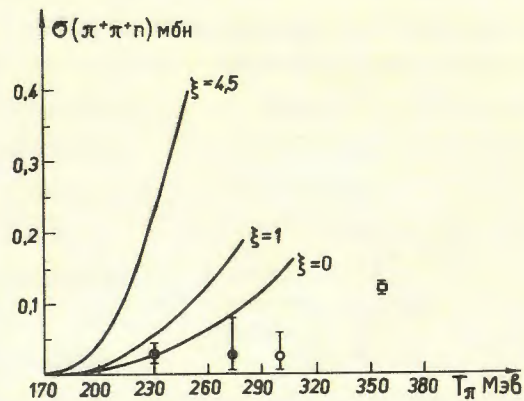


Рис. 1. Полные сечения реакции  $\pi^+\rho \rightarrow \pi^+\pi^+\pi$   
 Точки: ● - настоящая работа; ○ - /21/;  
 □ - /22/ Теоретические кривые при разных  $\xi$   
 получены по формулам работы /28/.

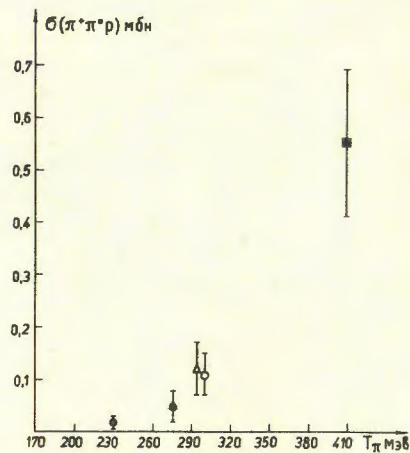


Рис. 2. Полные сечения реакции  $\pi^+\rho \rightarrow \pi^+\pi^+\rho$   
 Точки: ● - настоящая работа; Δ - /23/;  
 ○ - /21/, ■ - /24/.

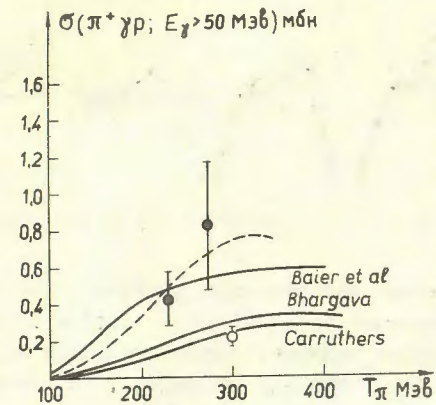


Рис. 3. Сечение реакции  $\pi^+\rho \rightarrow \pi^+\gamma\rho$  ( $E_\gamma > 50$  Мэв)  
 Сплошные кривые - результаты расчетов в работах  
 /32, 33, 34/. Пунктиром показан результат расчета  
 по модели /35/. Точки: ● - настоящая работа;  
 ○ - /21/.

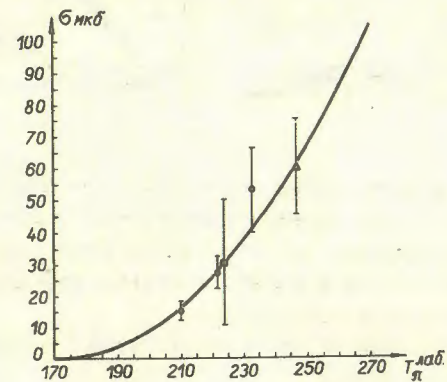


Рис. 4. Энергетическая зависимость полного сечения реакции  
 $\pi^-\rho \rightarrow \pi^+\pi^-\pi$ .  
 Точки: ● - работа /13/, ■ - /36/, Δ - /3/.  
 Кривая - формула (6) (см. текст).

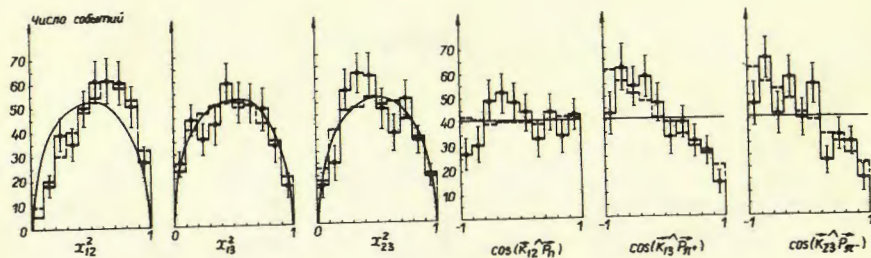


Рис. 5. Одномерные распределения реакции  $\pi^- p \rightarrow \chi^+ \pi^- n$ . Безразмерные величины  $x_{ij}$  связаны с относительными импульсами конечных частиц следующим образом:  $x_{ij} = K_{ij} / \sqrt{2M_j E}$ , где  $M_j$  - приведенная масса пары частиц; индекс "1" относится к  $\chi^+$ -мезону, "2" - к  $\pi^-$ -мезону, "3" - к нейтрону. Сплошная гистограмма - эксперимент. Сплошная линия - постоянный метричный элемент; пунктир - матричный элемент (5) (см. текст).

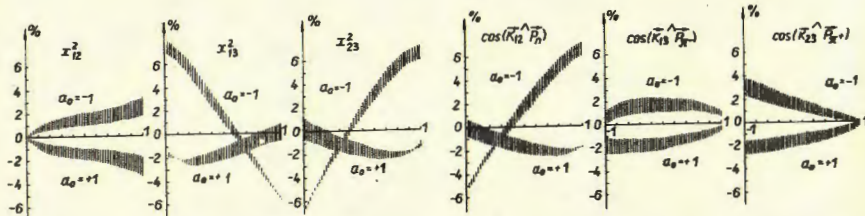


Рис. 6. Вклад неаналитических членов, содержащих длину рассеяния  $a_0$ , в одномерные распределения, деленные на аналитические распределения по фазовому объему (при  $a_0 = \pm 1$ ); заштрихованные области соответствуют неопределенности в параметре  $\chi = 1,8 \pm 0,4$ . По оси ординат отложена величина отклонения от единицы (в процентах).

## ЛИТЕРАТУРА

1. N. Barash-Schmidt et al. Phys. Lett. **50B**, N 1, 1974.
2. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. ЯФ **I**, 687, 1965.
3. I.M. Blair, H. Miller et al. Phys. Lett. **32B**, 528, 1970.
4. А.В. Арефьев и др., ЯФ **IQ**, 797, 1969.
5. А.В. Арефьев и др. ЯФ **8**, 631, 1968.
6. М.М. Мокаров и др. Phys. Lett. **31B**, 666, 1970.
7. A. Zylberstejn et al. Phys. Lett. **38B**, 457, 1972.
8. E. Beier et al. Phys. Rev. Lett. **30**, 399, 1973.
9. G. Villet et al. Труды II Международной конференции по элементарным частицам в Экс-ан-Провансе, 1973.
10. J.L. Basdevant et al. Там же.
11. С.А. Бунятов, В.С. Курбатов, А.К. Лиходед, Г.М. Штауденмайер. ЯФ **I6**, 1286, 1972.
12. П.Э. Волковицкий, Л.Г. Дехно. ЯФ **I9**, № I, 1974.
13. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. ЯФ **I**, 526, 1965.
14. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, Г.Р. Гулкянян, В.М. Сидоров. ЯФ **I8**, 86, 1973.
15. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, Г.Р. Гулкянян, В.М. Сидоров, М. Мусаханов, Г. Ионице, Е. Лозняну, В. Михул, Д. Тувдандорж. Препринт ОИЯИ, PI-7969, Дубна, 1974.
16. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, Г.Р. Гулкянян, В.С. Курбатов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба, ЯФ **I8**, 829, 1973.
17. П.Э. Волковицкий, Г.Р. Гулкянян. Сообщение ОИЯИ P4-6644, Дубна, 1972.
18. С.А. Бунятов, Г.Р. Гулкянян, В.С. Курбатов. ЯФ **I7**, 1307, 1973.
19. С.А. Бунятов, П.Э. Волковицкий, Г.Р. Гулкянян. Препринт ОИЯИ EI-8065, Дубна, 1974.

20. Н.М.Агабабян, Ю.А.Бегусов, С.А.Бунятов, Г.Р.Гулкянн,  
В.М.Сидоров, В.А.Ярба. Сообщение ОИЯИ IO-589I, Дубна, 197I.
21. V.Barnes et al. CERN Report 63-27, 1963.
22. J.Kirz, J.Schwartz, R.Tripp. Phys. Rev. 126, 763, 1962.
23. M.Arman et al. Phys. Rev. Lett. 29, 962, 1972.
24. J.Detoeuf et al. Phys. Rev. Lett. 16, 860, 1966.
25. V.V.Anisovich, A.A.Anselm, V.N.Gribov. Nucl.Phys.38, 132, 1962.  
В.В.Анисович, А.А.Ансельм. УФН 88, 287, 1966.
26. В.С.Курбатов, А.А.Тяпкин, Сообщение ОИЯИ PI-5234, Дубна, 1970.
27. S.Weinberg. Phys. Rev. Lett. 18, 188, 1967.  
Доклад на XIV Международной конференции по физике высоких энергий. Вена, 1968.
28. M.Olsson, L.Turner. Phys. Rev. Lett. 20, 1127, 1968;  
Phys. Rev. 181, 2141, 1961.
29. W.T.Ford et al. Phys. Lett. 38B, 355, 1972.
30. R.Messner et al. Proc. XVI Int. Conf. on High Energy Phys.,  
Chicago, 1972.
31. N.Barash-Schmidt et al. Rev. of Mod. Phys., 45, No 2,  
p. 11, 1973.
32. P.Carruthers, Phys. Rev., 134, B638, 1964.
33. S.C.Bhargava. Nuovo Cim. 58, 815, 1968.
34. R.Saier et al. Nucl. Phys. B27, 589, 1971.
35. М.М.Мусаханов. ИФ 19, 630, 1974.
36. T.Deahl et al. Phys. Rev. 124, 198, 1961.

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 июля 1974 года.