

Б - 705

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1 - 6233

Т.Д.Блохинцева

ИССЛЕДОВАНИЕ ( $\pi$  N) - ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ПРИ ЭНЕРГИЯХ 339 МЭВ И 11,7 ГЭВ  
С ПОМОЩЬЮ ВОДОРОДНОЙ И ДЕЙТЕРИЕВОЙ  
ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР

Специальность 040 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Т.Д.Блохинцева

ИССЛЕДОВАНИЕ ( $\pi$  N) - ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ПРИ ЭНЕРГИЯХ 339 МЭВ И 11,7 ГЭВ  
С ПОМОЩЬЮ ВОДОРОДНОЙ И ДЕЙТЕРИЕВОЙ  
ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР

Специальность 040 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук Л.Л.Неменов.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук Г.А.Лексин,  
доктор физико-математических наук В.А.Мещеряков.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:  
Институт физики высоких энергий, г. Серпухов.

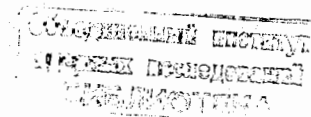
Автореферат разослан " " 1972 г.

Защита состоится " " 1972 г.  
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



Одной из центральных задач физики элементарных частиц является изучение мезон-нуклонного взаимодействия. Создание ускорителей позволило провести экспериментальные исследования рассеяния мезонов на нуклонах в диапазоне от самых малых значений энергий первичных частиц до 70 Гэв. Наиболее подробно исследовано взаимодействие  $\Pi$ -мезонов с нуклонами. Однако вопрос о динамике процесса по-прежнему остается открытым. Ввиду отсутствия строгой теории адронных взаимодействий анализ экспериментальных данных проводится с помощью феноменологических моделей, позволяющих выявлять общие закономерности.

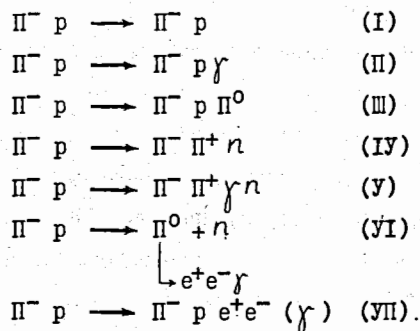
Настоящая диссертация посвящена изучению  $\Pi N$ -взаимодействия при двух различных энергиях: 339 Мэв и 11,7 Гэв. Основой исследования послужили два эксперимента. Первый из них проводился с помощью водородной пузырьковой камеры на внешнем пучке  $\Pi^-$ -мезонов синхротронного Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. В эксперименте исследовался малоизученный процесс радиационного рассеяния  $\Pi^-$ -мезонов на протонах, а также реакции рождения  $\Pi$ -мезонов. Второй опыт был поставлен с целью исследования  $(\Pi^+ d)$ -взаимодействия при 11,7 Гэв. Аспекты этого исследования чрезвычайно разнообразны. В настоящей работе основное внимание уделено изучению реакции  $\Pi^+ n \rightarrow p \Pi^+ \Pi^-$  и методическим вопросам, связанным с использованием дейтериевой мишени.

Диссертация состоит из 4 глав.

В первой главе дано краткое описание экспериментальной установки, пучка  $\Pi^-$ -мезонов и общей схемы обработки данных в эксперименте по исследованию  $(\Pi^- p)$ -взаимодействия при энергии 339 Мэв. Эксперимент проводился на пучке  $\Pi^-$ -мезонов синхротронного Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований. Регистрирующим прибором служила 25-сантиметровая водород-

ная пузырьковая камера /1/, помещенная в магнитное поле 12,12 кэ. Неоднородность магнитного поля по объему камеры не превышала 1,5%. Пучок  $\Pi$ -мезонов от внутренней мишени анализировался по импульсам рассеянным полем ускорителя, а также дополнительным отклоняющим магнитом с углом отклонения  $10^\circ$ . Среднее число частиц, вводимых в камеру за цикл расширения, составляло  $10 \pm 12$ . Энергия пучка  $\Pi$ -мезонов, определенная по кривизне первичных треков и усредненная по всем сеансам экспонирования камеры, равнялась  $(339 \pm 12)$  Мэв. Примесь  $\mu$ -мезонов в пучке составляла  $(4,5 \pm 1,5)\%$ .

В камере регистрировались следующие процессы:



В результате нескольких сеансов экспонирования камеры в  $\Pi^-$ -мезонном пучке было получено 400 тысяч стереофотографий. Пленка просматривалась на микрофотах 5 ПО-I. Регистрировались все двух- и четырехлучевые события. Эффективность двойного просмотра составляла 99,8%. Всего было зарегистрировано 15 тысяч звезд. Для измерений отбирались события, удовлетворяющие ряду геометрических критериев, которые обеспечивали хорошую точность измерений.

Неупругие события определялись по отклонению от кинематики упругого рассеяния. Мерой отклонения служила величина:

$$\rho^2 = \left( \frac{\Delta \varphi}{\delta_{\Delta \varphi}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta \vartheta}{\delta_{\Delta \vartheta}} \right)^2 \quad (1)$$

где  $\Delta \varphi$  - отклонение от компланарности,  $\Delta \vartheta$  - отклонение от корреляции углов рассеяния  $\Pi^-$ - мезона и протона в упругом процессе;

$\delta_{\Delta \varphi}^2$ ,  $\delta_{\Delta \vartheta}^2$  - дисперсии соответствующих величин.

Распределения упругих событий по величинам  $\Delta \varphi$  и  $\Delta \vartheta$  хорошо описываются гауссовскими кривыми с центром в 0, так что величина  $\rho^2$  следует  $\chi^2$ -распределению с двумя степенями свободы. Событие считалось неупругим, если  $\rho^2 > 16,5$ . Таким образом, было выделено 1500 неупругих событий. Примесь упругой реакции не превышала 0,2%.

Все неупругие события дважды измерялись на стереорепроекторе. Для восстановления истинной пространственной картины и определения импульсов частиц использовалась геометрическая программа "TRERANG" /2/. Она устраняла систематические ошибки, связанные с усадкой пленки, преломлением в водороде, коническим репроцированием и торможением частиц в среде, и вычисляла истинные значения импульсов, энергий и углов вылета всех вторичных частиц. Дальнейший обсчет событий проводился по *fit* - программе (1C-fit) в трех гипотезах, соответствующих реакциям II, III, IV. Полученные значения  $\chi^2$  служили для идентификации реакций, а кинематические параметры события, "подправленные" в результате фитирования, использовались затем в физическом анализе.

Глава II. В § 1 этой главы дается обзор экспериментальных данных и освещаются различные аспекты исследования реакции  $\Pi^- p \longrightarrow \Pi^- p \gamma$  (II).

Первые сведения о радиационном рассеянии  $\Pi^-$ -мезонов на протонах были получены в работе /3/. Результаты дальнейших исследований приведены в таблице 1.

Общий случай радиационного рассеяния был рассмотрен Лоу /II/. Автор показал, что при малых энергиях испускаемых  $\gamma$ -квантов полный матричный элемент процесса выражается через физически наблюдаемые величины - амплитуду упругого рассеяния и ее производную по полной энергии.

Таблица 1

Год	Лаборатория	Тип реакции	Энергия первичных мезонов (Мэв)	Число случаев	$K_{\gamma} >$	$B$ [мб]	Ссылка
1962	Дубна	$\Pi^{-}p \rightarrow \Pi^{-}p\gamma$	340	8	100 Мэв	$0,09^{+0,03}_{-0,06}$	4
1963	ЦЕРН	$\Pi^{+}p \rightarrow \Pi^{+}p\gamma$	300	18	50 Мэв	$0,22 \pm 0,05$	5
1964	Дубна	$\Pi^{-}p \rightarrow \Pi^{-}p\gamma$	339	39	70 Мэв	$0,17^{+0,06}_{-0,04}$	6
1964	Брюссель	$\Pi^{+}p \rightarrow \Pi^{+}p\gamma$	500	8		$0,09 \pm 0,03$	7
1965	Дубна	$\Pi^{-}p \rightarrow \Pi^{-}p\gamma$	338	84	60 Мэв	$0,16^{+0,05}_{-0,03}$	8
1968	Сакле	$\Pi^{-}p \rightarrow \Pi^{-}p\gamma$	720	12	75 Мэв	$0,19 \pm 0,06$	9
1968	Дубна	$\Pi^{-}p \rightarrow \Pi^{-}p\gamma$	339	146	40 Мэв	$0,16 \pm 0,02$	Данная работа (10).

В работах /12/ радиационное рассеяние  $\Pi$ -мезонов рассматривалось в рамках статической модели. Релятивистское рассмотрение реакции (П) при энергии 340 Мэв было проведено в работах /13-15/. Авторы показали, что анализ жесткой части импульсного спектра фотонов ( $K_{\gamma} > 150$  Мэв/с)\* позволяет оценить константу ( $\chi$  ЗП)-взаимодействия. Эта константа оценивалась в рамках моделей Венециано и векторной доминантности /16-17/, а также на основе данных по фоторождению /18/. Некоторые авторы оценивали константу  $\chi$  ЗП-взаимодействия, используя алгебру токов и гипотезу частично сохраняющегося векторного тока /19/. Оценки носят весьма приближенный характер и значения верхнего предела константы колеблются в диапазоне:  $0,03 \pm 2$ .

\* Здесь и в дальнейшем  $K_{\gamma}$  - импульс фотона в с.ц.и.

В §§ 2,3 главы II описывается идентификация реакций (П) и (Ш) и определяются их сечения. Основная трудность идентификации событий (П) заключается в отделении их от упругого процесса и от процесса (Ш). Реакция с испусканием электронов (VI) отделяется визуально по ионизации вторичных треков. События с рождением  $\Pi^{\pm}$  мезона однозначно отделяются от событий (П) и (Ш) на основании  $\chi^2$  - критерия, визуальной оценки ионизации положительного трека и по соотношению пробега и импульса положительной частицы. Для отделения реакций (П) и (Ш) от упругого процесса использовалась величина  $\rho^2$  (формула 1). Было выделено 322 события (П) и (Ш). Примесь упругих случаев не превышала 1%. Был рассмотрен вопрос о возможной имитации событий (П) плохо измеряемыми упругими событиями, а также упругими случаями, инициированными низкоэнергетическими  $\Pi$ -мезонами. В результате применения дополнительных критериев было отброшено 22 события с малой начальной энергией. Для разделения реакций (П) и (Ш) использовалось распределение по квадрату недостающей массы событий с вылетом протона (рис.1). В качестве границы разделения была выбрана величина  $Mo^2 = 9 \cdot 10^3$  Мэв<sup>2</sup>/с<sup>4</sup>. Взаимные примеси реакций (П) и (Ш) оценивались на основе моделированных распределений по  $Mo^2$  для этих реакций (рис.1). Сечения определялись по отношению числа зарегистрированных событий данной реакции к количеству упругих событий. Полученные полные сечения реакций (П) и (Ш) приведены в таблице 2.

Таблица 2

Реакция	Количество событий	Сечение (мб)
$\Pi^{-}p \rightarrow \Pi^{-}p$	146	$0,16 \pm 0,02$
$\Pi^{-}p \rightarrow \Pi^{-}p \Pi^0$	154	$0,17 \pm 0,02$

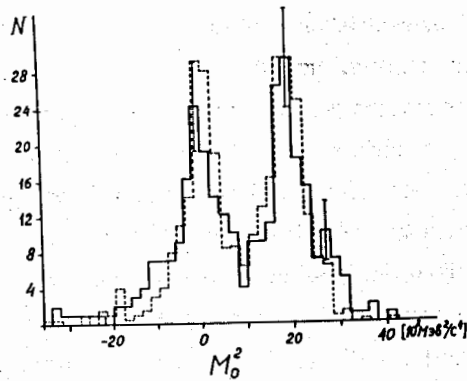
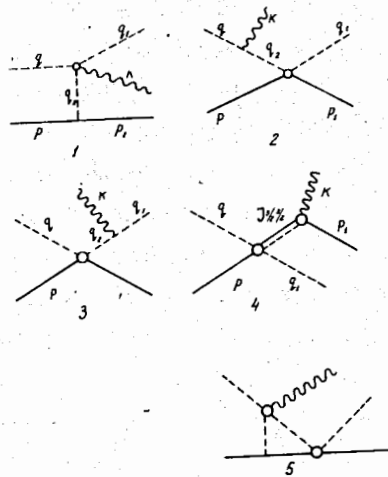


Рис.1. Распределение по  $M_0^2$  событий  $\Pi^- p \rightarrow \Pi^- p \gamma$  и  $\Pi^- p \rightarrow \Pi^- p \Pi^0$ . Сплошная линия - экспериментальное распределение. Пунктирная линия - моделированное распределение.

Рис.2. Диаграммы, описывающие процессы рождения гамма-квантов в реакции  $\Pi^- p \rightarrow \Pi^- p \gamma$ .



В § 4 второй главы изложена модель /13-15/, согласно которой рождение  $\gamma$ -квантов в реакции (П) описывается диаграммами, представленными на рис.2. Расчеты показали, что импульсный спектр фотонов определяется, в основном, диаграммами 2 и 3. В жесткой части спектра, где сечение тормозного излучения становится малым, следует учитывать также диаграммы 1 и 5. Диаграмма 1 содержит вершину  $\gamma$ ЗП-взаимодействия. В работе /15/ амплитуда процесса  $\gamma \Pi \rightarrow \Pi$  определялась как решение дисперсионного уравнения, зависящее от двух констант: произвольной константы интегрирования  $C$  и константы высокоэнергетических вкладов  $\lambda$ .

На основании требования единственности решения константы связываются соотношением:

$$a = \lambda / C = 0,96. \quad (2)$$

Связь между константами может быть найдена также, если амплитуду рассматривать в приближении Чини-Фубини; при этом "а" оказывается равным /13/:

$$a = 0,32. \quad (3)$$

В области энергий, достижимых в настоящем эксперименте, амплитуда остается практически постоянной и полностью определяется константой  $C$ , что значительно облегчает вычисление дифференциального сечения  $d\sigma_1/dk_\gamma$ .

Далее (§§ 5,6), приведены полученные в настоящем эксперименте данные по реакции  $\Pi^- p \rightarrow \Pi^- p \gamma$  и их анализ. Распределение событий (П) по импульсу  $\gamma$ -квантов приведено на рис.3. Пунктирная линия описывает суммарный вклад диаграмм 2,3,5; до  $K_\gamma \approx 120$  МэВ/С кривая практически представляет сечение тормозного излучения, т.к. вклад диаграммы 5 не превышает 10% /10/. В жесткой части спектра кривая значительно отличается от экспериментального распределения.

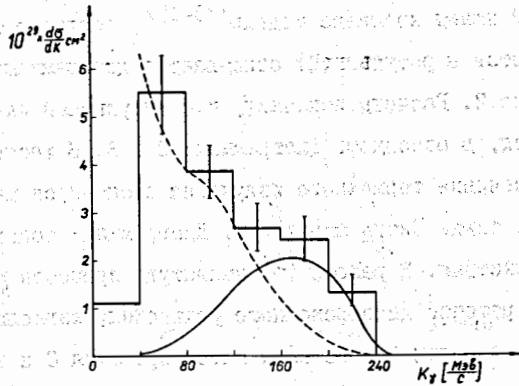


Рис.3. Распределение событий  $P^- p \rightarrow P^- \pi \gamma$  по импульсу  $\gamma$ -кванта в с.п.и. Пунктирная кривая соответствует вкладу диаграмм 2, 3, 5. Сплошная линия - вклад диаграммы 1.

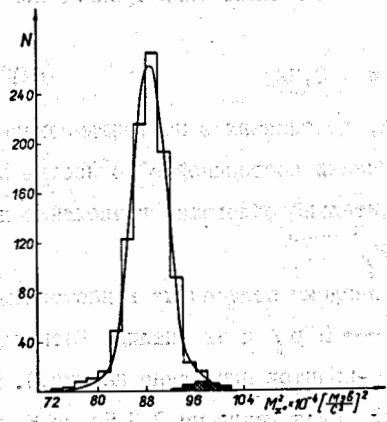


Рис.4. Распределение по квадрату недостающей массы в реакции  $P^- p \rightarrow P^+ \pi n$ . Затрихованная область соответствует событиям, не удовлетворяющим гипотезе  $P^- p \rightarrow P^+ \pi n$ . Гладкая линия есть сумма кривой Гаусса и кривой  $d\sigma/dM^2$  для реакции  $P^- p \rightarrow P^- \pi n$ .

Согласно модели, это отличие должно быть отнесено за счет диаграммы 1. Константа  $C^2$  определялась из условия равенства экспериментально определенного вклада диаграммы 1 и его теоретического значения. С учетом статистических флуктуаций, дифференциальной применимости событий (III) и некоторых погрешностей теоретических расчетов, получили:

$$C^2 = 0,92 \pm 0,22 / 0,52 \quad (4)$$

Дифференциальное сечение  $d\sigma/dk_\gamma$ , рассчитанное на основе этого значения, представлено на рис.3 сплошной линией.

Распределения по углу вылета фотона и по эффективной массе  $P$ -мезона и  $\gamma$ -кванта не имели каких-либо особенностей.

Полученное значение константы  $C^2$  сопоставлялось с имеющимися данными о  $(\gamma \text{ЗП})$ -взаимодействии в области  $\rho$ -мезона. Значения  $a = 0,96$  (2) и  $C^2 = 0,94$  (4) приводят к ширине распада  $\rho \rightarrow \pi \gamma$ , равной:

$$\Gamma_{\rho \pi \gamma} = 1,7 \text{ Мэв,}$$

что не противоречит имеющимся экспериментальным оценкам верхнего предела  $\Gamma_{\rho \pi \gamma} / 20$ .

Найденное значение  $C^2$  можно сопоставить с оценками константы фоторождения  $\Lambda$ , полученными в модели Венециано и векторной доминантности. При  $C^2 = 0,92$  и  $a = 0,96$ , имеем  $\Lambda = 1,7$ . Имеющиеся оценки константы  $\Lambda$  лежат в пределах  $(0,4 \pm 2)$ . Значение  $a=0,32$  (3) приводит к большой ширине распада  $\Gamma_{\rho \pi \gamma}$  и завышенным оценкам константы  $\Lambda$ .

В 3 главе исследуются данные по реакциям  $P^- p \rightarrow P^+ \pi n$  (IV),  $P^- p \rightarrow P^+ \pi \gamma n$  (V) и  $P^- p \rightarrow P^- p e^+ e^-$  (VI) при энергии 339 Мэв.

В эксперименте было зарегистрировано 1200 событий  $P^- p \rightarrow P^+ \pi n$ . Соответствующее сечение равнялось  $\sigma = (1,39 \pm 0,05) \text{ мб}^{(21)}$ . Данные анализировались на основании выводов работы /22/, где было показано, что описание реакций  $P N \rightarrow P P N$  при энергиях (340-480) Мэв

возможно в рамках модели, учитывающей следующие каналы: 1)  $S$ -рождение изобары  $\Delta$  ( $3/2, 3/2$ ) из начального состояния  $D_{3/2}^-$ ; 2)  $P$ -рождение  $\Delta$  из начального состояния  $P_{1/2}^+$ ; 3) рождение системы  $N^*$  ( $1/2, 1/2$ )<sup>-</sup> в  $S$ -состоянии из начального состояния  $P_{1/2}^+$  (нерезонансный канал).

Модель содержала 11 параметров, которые определялись по экспериментальным данным методом наименьших квадратов. Полученный набор параметров<sup>/21/</sup> хорошо описывает массовые и угловые распределения в реакции  $IY$ . С помощью найденных параметров было определено сечение рождения изобары:

$$\sigma_{\Delta} = (0,37 \pm 0,06 \text{ мб}). \quad (5)$$

Эта величина сравнивалась с результатами, приведенными в работе<sup>/25/</sup>,

где реакция ( $IY$ ) анализировалась с помощью алгебры токов и гипотезы частичного сохранения аксиально-векторного тока. Используя аппарат киральной  $SU(2) \times SU(2)$  динамики, авторы хорошо описали спектры эффективных масс пар частиц и дали правильный результат для полных сечений реакции  $P^- \rightarrow P^+ P^+ n$  в интервале энергий (220 + 360) Мэв. Согласно модели, сечение изобарного канала в реакции ( $IY$ ) при энергии 340 Мэв составляет  $\approx 0,5$  мб, что не противоречит приведенной выше оценке.

Для выделения процесса ( $Y$ ) исследовалось распределение по квадрату недостающей массы  $M_{X_0}^2$  в реакциях с рождением  $P^+$ -мезона (рис.4). Экспериментальная гистограмма аппроксимировалась суммой двух кривых: кривой Гаусса и кривой  $d\sigma/dM_{X_0}^2$ , описывающей фазовый объем квадрата эффективной массы системы ( $\gamma n$ ) в реакции ( $Y$ ). Суммарная аппроксимирующая кривая представлена на рис.4. Одним из варьируемых параметров являлась величина, характеризующая долю событий ( $Y$ ) относительно реакции ( $IY$ ). Полученное в результате фити-

рования значение  $\sigma_Y$  оказалось равным:  $\sigma_Y = (0,047 \pm 0,015) \text{ мб}$ . Эту величину можно рассматривать как приближенную оценку верхнего предела сечения реакции ( $Y$ ).

События реакции  $P^- \rightarrow P^- e^+ e^-$  ( $VI$ ) имеют вид 4-лучевых звезд. Было обнаружено 6 случаев такого типа. Наиболее вероятными процессами образования 4-лучевых событий следует считать:

А)  $P^- \rightarrow P^- P^0$  (виртуальный) с последующим распадом

$$P^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$$

Б)  $P^- \rightarrow P^- \gamma$  (виртуальный)  $\rightarrow P^- e^+ e^-$ , т.е. внутренняя конверсия  $\gamma$  - квантов.

На основании  $\chi^2$  - критерия и некоторых кинематических характеристик было идентифицировано 2 события типа А и 4 - типа Б; соответствующие сечения равны:  $\sigma_A = 0,022 \pm 0,016$ ,  $\sigma_B = 0,044 \pm 0,022$ .

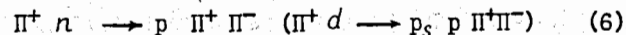
В главе  $IV$  описывается исследование ( $P^+ d$ ) - взаимодействия при энергии 11,7 Гэв.

В § 1 аргументируются преимущества дейтериевой мишени, позволяющей исследовать реакции на нейтроне и когерентные взаимодействия с изоскалярной обменной частицей. Далее кратко излагается модель импульсного приближения и приводятся ее основные следствия, необходимые при анализе событий, зарегистрированных в дейтериевой пузырьковой камере. Если состояние дейтона описывать волновой функцией Хюльтена, то, согласно модели, в 70% событий, происшедших на нейтроне, импульс протона-наблюдателя ниже порога наблюдения протона в дейтериевой камере ( $P = 80$  Мэв/с). Это означает, что большинство событий  $P^+ d \rightarrow p_s$  в  $P^+ P^-$  имеют вид 3-лучевых звезд.

Далее описана постановка эксперимента и схема обработки камерных снимков. Двухметровая пузырьковая камера ЦЕРН"а с дейтерие-



вым наполнением облучалась сепарированным пучком  $\Pi^+$ -мезонов с импульсом  $(11,7 \pm 0,04)$  Гэв/с. Было получено 150 тыс. фотографий. При просмотре пленки регистрировались все звезды. Эффективность двойного просмотра составляла 98%. События обрабатывались по стандартной схеме с использованием программ  $T H R E S H, G R I N D, S U M E X$ . В данной работе исследовалась реакция<sup>/24/</sup>



и рассматривались методические вопросы, связанные с выделением когерентного процесса<sup>/25/</sup>



При исследовании реакции (6) в качестве кандидатов отбирались все 3-лучевые события и 4-лучевые звезды с останавливающейся положительной частицей. Событие считалось принадлежащим реакции (6), если доверительный уровень был выше 1% и ионизационные данные согласовывались с вычисленными значениями. Всего было идентифицировано 2 375 событий. Соответствующее им сечение равнялось:

$$\sigma_6 = (570 \pm 60) \mu\text{б}. \quad (8)$$

Распределение по импульсу протона-наблюдателя в 4-лучевых событиях (6) хорошо описывается кривой Хюльтена, а угловые распределения являются изотропными.

Для выявления основных свойств реакции (6) были построены распределения по  $t_1, t_2$  (рис.5),  $\omega, M$  (III) (рис.6),  $M(p\Pi^-)$  и  $M(p\Pi^+)$ , где  $t_1$  - квадрат 4-х-импульса, переданного от первичного  $\Pi^+$ -мезона вторичному  $\Pi^+$ -мезону,  $t_2$  - квадрат 4-х-импульса, переданного от нейтрона-мишени вторичному протону,  $\omega$  - полярный угол в продольном фазовом пространстве Ван Хова<sup>/26/</sup>,  $M(\Pi^+ \Pi^-), M(p\Pi^-), M(p\Pi^+)$  - эффективные массы соответствующих пар частиц.

Распределения по  $t_2$  и  $\omega$  указывают на периферический характер исследуемого процесса. Кривая, рассчитанная по модели однопион-

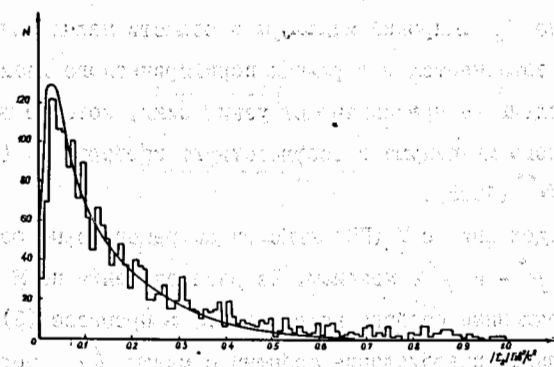


Рис.5. Распределение по  $t_2$  в реакции  $\Pi^+ n \rightarrow p \Pi^+ \Pi^-$ . Гладкая кривая - предсказание OPE-модели Вольфа.

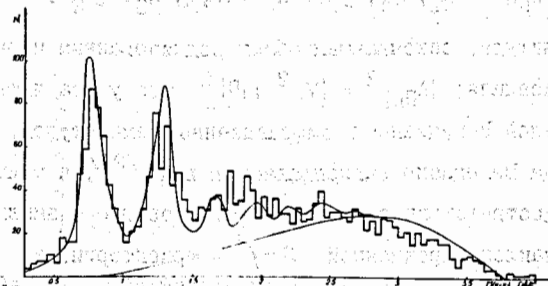


Рис.6. Распределение по эффективной массе двух  $\Pi$ -мезонов в реакции  $\Pi^+ n \rightarrow p \Pi^+ \Pi^-$ . Верхняя кривая - предсказание модели (28). Нижняя кривая - расчет по формуле 10.

ного обмена (OPE) Вольфа /27/, хорошо описывает экспериментальную гистограмму по  $t_2$ . Широкий максимум в области малых значений  $M(p\pi^-)$  также объясняется в терминах периферического взаимодействия, однако OPE-модель не предсказывает узкие пики, которые выделяются на фоне широкого максимума и соответствуют изобарам  $\Delta$  (1236),  $N^*$  (1480),  $N^{**}$  (1688).

В распределении по  $M$  (III) явно видны резонансные области, соответствующие  $\rho^0$ - и  $f^0$ -мезонам. Из распределения по  $M(p\pi^+)$  следует, что заряженные изобары не рождаются в процессе (6).

Значительное преобладание событий с малым  $t_1$  может быть связано с наличием дифракционного III-рассеяния.

В связи с перечисленными выше свойствами, для описания реакции (6) была использована реджизованная OPE-модель, где III-рассеяние описывалось суммой дифракционного и венециановского членов (диаграммы а, б, рис.7).

Матричный элемент процесса (6) записывается в виде /28/:

$$T = A_{III} (S_{12}, t_1, t_2), A_E (S, S_{23}, t_2), \quad (9)$$

где  $A_E$  - амплитуда, описывающая обмен реджизованным пионом,  $A_{III}$  - амплитуда III-рассеяния;  $|A_{III}|^2 = |V|^2 + |D|^2$  без учета интерференции между амплитудой Венециано и дифракционной амплитудой.

Амплитуда Венециано записывалась в виде /29/, а мнимая часть вводилась в соответствии с работой /30/. Входящие в амплитуду параметры  $\alpha'$  (наклон вырожденной  $\rho-f^0$ -траектории) и  $f^2/4\pi$  (константа III-связи) полагались равными:  $\alpha'/28/ = 1 \text{ ГэВ}^{-2}$ ,  $f^2/4\pi = 3,58/28/$ .

Дифракционная амплитуда параметризовалась в форме:

$$D = -i \sigma_{tot}^{\pi\pi} S_{12} \exp(0,5A \cdot t_1), \quad (10)$$

где сечение  $\sigma_{tot}^{\pi\pi} = 15 \text{ мб}$  определялось по модели кварков,  $A=8 \text{ ГэВ}^{-2}$  было найдено из экспериментального распределения по  $t_1$ .

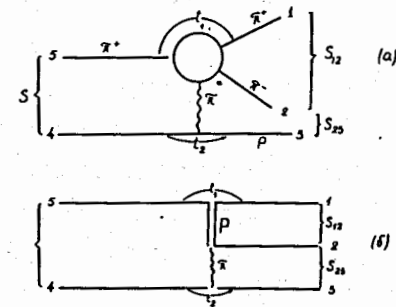


Рис.7. Диаграммы, описывающие процесс  $\pi^+ n \rightarrow p \pi^+ \pi^-$ .

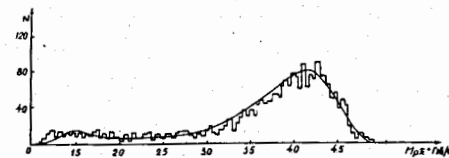
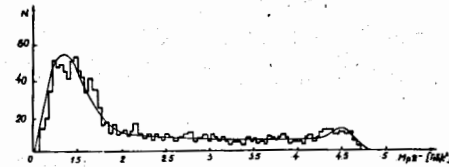


Рис.8. Распределения событий реакции  $\pi^+ n \rightarrow p \pi^+ \pi^-$  по эффективным массам  $M(p\pi^-)$  и  $M(p\pi^+)$ . Гладкие кривые рассчитаны по модели /28/.

Амплитуда  $A_E$  записывалась /28/ в соответствии с требованием реджизации обменного пиона. Изложенная модель не содержит свободных параметров, т.е. является абсолютным предсказанием относительно результатов данного эксперимента. Сечение реакции, рассчитанное по формуле (9), оказалось равным 0,56 мб, что согласуется с экспериментальной величиной (8). Модель хорошо описывает распределение по  $M(\text{III})$  в области  $\rho$  - и  $f$  - мезонов и дает правильное соотношение между сечениями их рождения. Дифракционный член удовлетворительно описывает нерезонансный фон в спектре эффективных масс  $M_{\text{III}}$  (нижняя кривая рис.6) и хорошо воспроизводит форму и величину пика "дифракции -диссоциации" в распределениях по  $M_{\rho^-}$  и  $M_{\rho^+}$  (рис.8). Распределение по  $t$ , качественно описывается теоретической кривой, однако при малых  $t$ , где основную роль играет дифракционное рассеяние, расчетная кривая идет несколько выше экспериментальных данных.

Основные результаты диссертации могут быть сформулированы следующим образом:

1. С помощью 25-сантиметровой водородной пузырьковой камеры проведено экспериментальное исследование  $(\text{P}^-p)$ -взаимодействия при энергии 339 Мэв. Измерены сечения реакций  $\text{P}^-p \rightarrow \text{P}^-p \gamma$ ,  $\text{P}^-p \rightarrow \text{P}^-p \text{P}^0$  и  $\text{P}^-p \rightarrow \text{P}^+ \text{P}^- n$ . На основании фазового анализа /22/ определен вклад изобарного канала в реакцию  $\text{P}^-p \rightarrow \text{P}^+ \text{P}^- n$  и показано, что полученная величина согласуется с предсказанием модели частично сохраняющегося аксиально-векторного тока.

2. Проведен анализ импульсного спектра гамма-квантов в реакции  $\text{P}^-p \rightarrow \text{P}^-p \gamma$ . Показано, что характер спектра определяется, в основном, процессом тормозного излучения  $\text{P}$ -мезонов.

3. Рассмотрена возможность определения константы фоторождения  $\text{P}^-$ -мезона на  $\text{P}$ -мезоне из анализа жесткой части импульсного спектра

фотонов. В рамках модели, предложенной в работах /13-15/, сделана оценка этой константы. Показано, что при определенном асимптотическом поведении дисперсионной амплитуды /28/ процесса  $\gamma \text{P} \rightarrow \text{III}$  полученное значение согласуется с имеющимися оценками константы  $(\gamma \text{III})$ -взаимодействия.

4. На основании анализа распределения по квадрату недостающей массы в процессе  $\text{P}^-p \rightarrow \text{P}^+ \text{P}^- \text{X}^0$  получена оценка верхнего предела сечения реакции  $\text{P}^-p \rightarrow \text{P}^-p \gamma n$ .

5. Сделана приближенная оценка сечения реакции  $\text{P}^-p \rightarrow \text{P}^-p e^+ e^-$ .

6. Проведено экспериментальное исследование  $(\text{P}^+d)$ -взаимодействия при 11,7 Гэв на дейтериевой пузырьковой камере. Идентифицировано 2375 событий реакции  $\text{P}^+n \rightarrow p \text{P}^+ \text{P}^-$  и определено сечение этой реакции.

7. Показано, что основные экспериментальные данные по реакции  $\text{P}^+n \rightarrow p \text{P}^+ \text{P}^-$  явно указывают на периферический характер взаимодействия.

8. Проведен анализ экспериментальных данных по модели, в которой ОРЕ-механизм полагается доминирующим, а  $\text{III}$ -рассеяние описывается суммой дифракционного и венециановского членов. Показано, что при всех фиксированных параметрах модель дает удовлетворительное описание основных экспериментальных характеристик процесса  $\text{P}^+n \rightarrow p \text{P}^+ \text{P}^-$ .

Основные результаты диссертации изложены в работах /10, 21, 24, 25, 31/ и докладывались на Международной конференции по пион-нуклонным взаимодействиям до 1 Гэв (Дубна, 1968г.), на Международной конференции по элементарным частицам в Лунде (1969г.) и на XV Международной конференции по физике высоких энергий (Киев, 1970г.).

Л И Т Е Р А Т У Р А.

1. Т.Блохинцева, А.Василенко, В.Гребинник, В.Жуков, Г.Либман, Л.Неменов, Г.Селиванов, Жань Жун-фан, ПТЭ, 5, 51, 1961.
2. Т.Д.Блохинцева, А.В.Кравцов, В.И.Медведев и др.  
Препринт ОИЯИ 10-3829, 1968.
3. I.Deahl, M.Derrick, I.Fetkovich et al. Phys.Rev., 124, 1987 (1961).
4. Т.Д.Блохинцева, В.Г.Гребинник, В.А.Жуков и др.  
ЖЭТФ, 42, 912 (1962).
5. V.E.Barnes et al. Phys.Rev., 134, B638 (1964).
6. Т.Д.Блохинцева, В.Г.Гребинник, В.А.Жуков и др. XII Международная конф. по физике высоких энергий, Дубна, 1964 г., т. I, стр. 834.
7. I.Debaiseux, F.Crard et al. Preprint Brussels (1964).
8. Т.Д.Блохинцева, В.Г.Гребинник, В.А.Жуков и др.  
Препринт ОИЯИ, P-2255, 1965.
9. R.T.Van de Walle, C.L.A.Pols et al. Nuovo Cim., 53A, 745 (1968).
10. Т.Д.Блохинцева, А.В.Кравцов, С.Г.Шерман, ЯФ, 8, 928 (1968).
11. F.Low. Phys.Rev., 110, 974 (1958).
12. R.E.Cutkosky. Phys.Rev., 109, 209 (1958).
13. В.А.Мещеряков, Л.Л.Неменов, Л.Д.Соловьев и др. ЯФ, 2, 124 (1965).
14. Ф.Г.Ткебучава. Препринт ОИЯИ, P2-3931 (1968).
15. Л.Д.Соловьев. ЖЭТФ, 40, 597 (1961).
16. Г.С.Ирошников, Ю.П.Никитин, А.С.Чернов. Письма в ЖЭТФ, 10, 150 (1969).
17. A.Sundaran. Progr.Theor.Phys., 43, 843 (1970).
18. А.И.Лебедев. Автореферат диссертации, ФИАН, (1964).
19. K.Kawarrabagaski, M.Suzuki. Phys.Rev.Lett., 16, 255 & 384 (1966). A.Chatterjee. Phys.Rev., 170, 15781 (1968).
20. Particle Data Group. Phys.Lett., 33B, No.1 (1970).
21. Т.Д.Блохинцева, А.В.Кравцов, В.И.Медведев и др. ЯФ, 12, 101 (1970).
22. А.В.Кравцов, ЯФ, 11, 389 (1970).
23. S.Hattoki, M.Kobayashi, H.Kondo, T.Maskawa. Progr.Theor. Phys., 41, 1515 (1969).
24. T.Blokhintseva, R.O.Maddock, B.Sosnowski et al.  
(Durham-Geneva-Paris-Milano collaboration). An experimental investigation of the reaction  $\pi^+d \rightarrow p_p p \pi^+ \pi^-$  and  $\pi^+d \rightarrow p_p p \pi^+ \pi^- \pi^0$  at 11.7 GeV/c in a deuterium bubble chamber. XV Int.Conf.on High Energy Physics, Kiev, USSR, 1970.  
Материалы XV Международной конференции по физике высоких энергий, т. I, стр. 141 (Дубна, 1970).
25. T.Blokhintseva, R.O.Maddock, R.Sosnowski et al.  
Study of the reaction  $\pi^+d \rightarrow d \pi^+ \pi^+ \pi^-$  and  $\pi^+d \rightarrow d \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^0$  at 11.7 GeV/c. XV Int.Conf.on High Energy Physics, Kiev, USSR, 1970. Contr.paper No. 48-30.  
Материалы XV Международной конференции по физике высоких энергий. Киев, 1970, т. I, стр. 35, 142 (Дубна, 1970).
26. L.Van Hove et al. Nucl.Phys., B9, 331 (1969).
27. G.Wolf. Phys.Rev., 182, 1538 (1969).
28. G.de Rosny, R.Sosnowski et al. CERN, PRE-1355.
29. F.Wagner. Nuovo Cimento, 64A (1969) 189.
30. C.Lovelace. Phys.Lett., 28B (1968) 265.
31. Т.Блохинцева, В.Гребинник, В.Жуков и др. ЯФ, 3, 779 (1966).

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 января 1972 г.