

П-25



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1 - 9076

ПЕНЕВ

Владимир Николов

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЧАСТИЦ,
ОБРАЗОВАННЫХ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ π -МЕЗОНОВ
С ПРОТОНАМИ В ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕРАХ
ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Дубна 1975

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

А.В.Фремов

доктор физико-математических наук

П.В.Шляпников

доктор физико-математических наук

Ю.А.Будагов

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова.

Автореферат разослан " 5 " августа 1975 года
Защита диссертации состоится " 18 " сентября 1975 года
на заседании Ученого совета Лаборатории высоких энергий

Объединенного института ядерных исследований, г.Дубна
Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Лаборатории высоких энергий

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук
М.Ф. ДИХАЧЕВ М.Ф.ДИХАЧЕВ

1 - 9076

ПЕНЕВ

Владимир Николов

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЧАСТИЦ,
ОБРАЗОВАННЫХ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ π -МЕЗОНОВ
С ПРОТОНАМИ В ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕРАХ
ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Каждый год физика высоких энергий приносит нам новые знания, новые экспериментальные факты о различных типах взаимодействий. Ясно, что эти экспериментальные факты приведут в ближайшее время к переосмыслению всех фундаментальных взглядов на материю и ее превращения. Представляется важным дальнейшее накопление экспериментальных данных, тщательный методический и научный анализ поведения образовавшихся частиц, сопоставление их поведения с предсказаниями теоретических моделей.

Настоящая диссертация посвящена изучению поведения разных частиц и резонансов, образованных в пион-нуклонных взаимодействиях при энергиях 7,5 и 40 Гэв. При изучении применялись разные подходы: анализ частиц определенного сорта с усреднением по всем остальным частицам и реакциям или — по всем частицам в данном топологическом канале реакции — соответственно инклюзивный и полуйнклюзивный подходы, а также исследование всех частиц в некоторых конкретных реакциях — эксклюзивный подход.

Диссертация состоит из двух частей.

В первую часть вошли методические вопросы рассматриваемых экспериментов, во второй изложены результаты физических исследований.

В первой главе диссертации кратко описаны характерные особенности и устройство используемых в экспериментах пузырьковых камер: 55 см/24л/[1] и двухметровой пропановых камер [2]. На примере 55 см камеры сделано изложение общих принципов обработки взаимодействий и идентификации элементарных частиц. Особое внимание [3] здесь обращено на исследование точностей в определении координат, импульсов и углов образовавшихся частиц и эффективных масс.

Во второй главе описаны методы и приводятся результаты [4] определения констант оптической системы 2-метровой пропановой пузырьковой камеры: координат оптических осей, координат реперных крестов и масштабов фотографирования, необходимых для работы программы реконструкции пространственных координат.

В третьей главе описана система программ обработки взаимодействий элементарных частиц (вариант, работающий в Софии), зарегистрированных в двухметровой пропановой камере (рис.1). Основную функцию обсчета несет программа ГЕОФИТ - S [5]. Это (рис.2) вариант программы ГЕОФИТ [6], приспособленный для электронно-вычислительных машин типа ICL. Ряд алгоритмов геометрической части программы GEO был взят готовым из других работ (формулы систематизированы В.И.Морозом и др. в [7]), однако они были, по-возможности, упрощены. В расчеты внесены некоторые усовершенствования, связанные со структурой программы, с учетом радиационных потерь, поиском изломов на треке, поиском проекций, соответствующих данному следу [8], объединением двух частей одного и того же следа из разных половин камеры и др. Для идентификации каналов реакции, V^0 - частиц и γ - квантов использовалась [9] минимизация функционала с неопределенными множителями Лагранжа. Подбор констант и исследование программы прове-

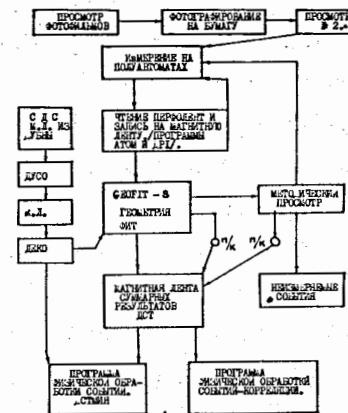
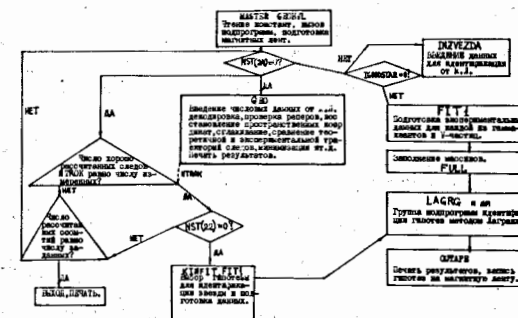


Рис.1. Система обработки фильмовой информации от пропановой пузырьковой камеры. /София, 1972-1975/.

Рис.2. Органиграмма ГЕОФИТ-S- /ЭВМ: ICL, ICK/



дено также в [10]. Величины $\langle \chi_{xy}^2 \rangle$ и $\langle \chi_z^2 \rangle$, характеризующие качество подгонки теоретических кривых к экспериментальному треку и правильность расчета ошибок для π^\pm -мезонов, образующихся при 40 Гэв/с, оказались равными соответственно 1,043 и 1,210 при теоретическом значении, равном единице. Достоверность идентификации каналов реакции, V^0 -частиц и γ -квантов проверялась [9, 10] с помощью идентификации смоделированных заведомо известных каналов реакции и мод распада частиц.

В четвертой главе исследуются возможности камеры в определении координат следов, импульсов и углов образовавшихся частиц. Проводится исследование ложной кривизны следов из-за многократного кулоновского рассеяния. Для этих целей используются фотографии следов первичных частиц, полученных в камере без магнитного поля. Средние относительные ошибки в определении импульсов и углов приведены в таблице I.

Таблица I

Относительные ошибки %		Средние относительные ошибки	
		π^\pm -мезоны	электроны позитроны
$\langle \Delta p/p \rangle$	%	14,2	12,4%
$\langle \Delta t g d / t g d \rangle$	рад.	.0061 \pm .0001	.0175 \pm .0005
$\langle \Delta \beta / \beta \rangle$	рад.	.0037 \pm .0001	.0105 \pm .0003

Следы заряженных вторичных частиц измерялись на средней длине пробега, равной 33,64 см. Для большинства π^\pm -мезонов (~70% частиц) средняя ошибка в определении импульса меньше приведенной в таблице I величины и составляет ~8%.

При выяснении ряда методических вопросов широко использовано моделирование процессов различного вида. С этой целью была составлена [11] программа FARFORS, краткое описание алгоритмов которой приводится в этой главе. Для нас особенно важны

варианты программы FARFORS для моделирования инклюзивных [12] и мультипериферических [13] реакций.

Моделирование, в частности, использовалось для выяснения вопроса о разделении между собой Λ , K^0 -частиц и γ -квантов. Вероятности разделения этих частиц в зависимости от энергии приведены на рис.3. Ошибки в импульсах и углах при моделировании задавались близкими к экспериментальным. Видно, что K^0 -мезоны в 95% событий отличимы от Λ -гиперонов и γ -квантов вплоть до импульсов 10 Гэв/с. Дополнительный анализ угловых распределений π^\pm -мезонов в системе покоя K^0 -мезонов показал, что (80 \pm 10)% неразделенных Λ -K-частиц нужно отнести к Λ -гиперонам. И если считать все неразличимые $\Lambda \sim \gamma$ -частицы γ -квантами, мы теряем не больше (4 \pm 2)% от всех Λ -гиперонов.

При изучении проблемы разделения отдельных каналов реакции было показано, что имеется возможность выделять такие каналы, в которых не образуется незарегистрированных в камере нейтральных частиц (имеется 4 уравнения связи-4 CFT). Моделирование применялось также для отделения взаимодействий на свободных нуклонах от взаимодействий на нуклонах, связанных в ядре углерода, и для расчетов эффективности регистрации γ -квантов в двухметровой пропановой камере [14, 16].

В пятой главе излагаются результаты исследования инклюзивных реакций $\pi^- + p \rightarrow \pi^\pm + \dots$, $\pi^- + p \rightarrow \gamma + \dots$, $\pi^- + p \rightarrow p + \dots$, $\pi^- + p \rightarrow \pi + p + \dots$ при импульсе первичных π^- -мезонов 40 Гэв/с.

Инклюзивный подход в изучении взаимодействий элементарных частиц использовался давно. Например, Логуновым и др. [17] такой подход был применен еще в 1967 году. Однако изучение инклюзивных спектров стало особенно бурным после работ Фейнмана [18],

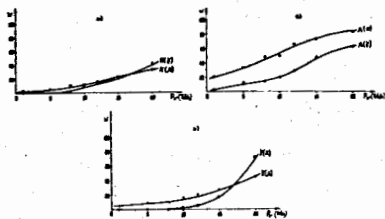


Рис. 3. Зависимость вероятности неоднозначной идентификации частиц а) K^0 -мезонов, б) Λ -гиперонов, в) γ -квантов в зависимости от импульса этих частиц. В скобках указаны альтернативные гипотезы. Среднеквадратичная ошибка в импульсах принята равной $\frac{\Delta p}{p} = 5\%$.

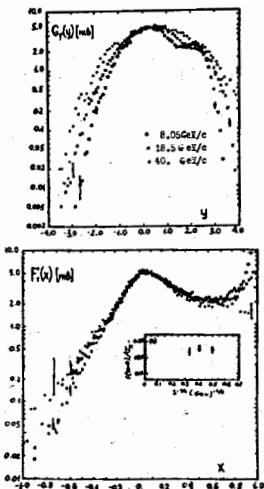


Рис. 4 А, Б. Распределения структурных функций /вверху/ $G_T(y) = \int f(y, p_T^2) dp_T^2$ /внизу/ $F_T(x) = \int f(x, p_T^2) dp_T^2$ для реакций $\pi^+ + p \rightarrow \pi^+ + \dots$ при трех энергиях 8.05, 18.5 и 40 Гэв/с.

Янга и др.^[19] и других авторов, указавших на основе простых моделей методы сравнения инклюзивных теоретических и экспериментальных спектров и получивших много интересных и достаточно легко проверяемых предсказаний.

Инклюзивные спектры связаны со средней множественностью образовавшихся частиц. Средние числа частиц разного вида на одно взаимодействие^[20] при нашей энергии отличаются существенно (см. табл. II.).

Таблица II

$\langle n_{\pm} \rangle$	$\langle n_{\pi^0} \rangle$	$\langle n_{\Lambda} \rangle$	$\langle n_{K^0} \rangle$	$\langle n_{tot} \rangle$
5.62 ± 0.04	2.43 ± 0.05	0.07 ± 0.01	0.23 ± 0.02	8.75 ± 0.08

Проведено сравнение^[21] структурных функций для реакции $\pi^- + p \rightarrow \pi^- + \dots$ при трех значениях энергий: 8.05, 18.5 и 40 Гэв:

$$F_T(x) = \int_{\text{все } p_T^2} f(x, p_T^2) dp_T^2 \quad \text{и} \quad G_T(y) = \int_{\text{все } p_T^2} f(y, p_T^2) dp_T^2 \quad (I)$$

где инвариантные дифференциальные сечения $f(x, p_T^2)$ и $f(y, p_T^2)$ имеют вид:

$$f(x, p_T^2) = \frac{E^{CM}}{\pi p_0^{CM}} \frac{d\sigma}{dx dp_T^2}; \quad f(y, p_T^2) = \frac{1}{\pi} \frac{d\sigma}{dy dp_T^2}$$

Здесь E^{CM} - энергия в СЦМ образовавшейся частицы, p_0^{CM} - импульс первоначальных частиц в СЦМ, y - быстрота. Показано (рис. 4 А, Б), что в центральной области структурные функции совпадают. В этом проявляется масштабная инвариантность инвариантных распределений.

Масштабные свойства обнаруживают также π^+ ^[21] и π^0 ^[22] мезоны из соответствующих реакций $\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \dots$ и $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + \dots$. Отмечено, что структурная функция для протонов в области фрагментации существенно выше.

В этой главе представлены результаты изучения корреляций между π^{\pm} - мезонами в инклюзивных реакциях $\pi^- + p \rightarrow \pi^{\pm} + \pi^{\pm} + \dots$ при 40 Гэв/с. Интегральные корреляционные коэффициенты f разных

пар Π -мезонов отличны от нуля при 40 Гэв/с (рис.5). Это соответствует тому, что 123 распределение по множественности как всех заряженных частиц, так и отрицательных мезонов существенно отличается от распределения Пуассона (рис.5).

Как видно из рис.5 А,Б, зависимость f_2 от энергии отклоняется от логарифмической как для $p\bar{p}$ -, так и для $\Pi^- p$ -взаимодействий. Это говорит о том, что корреляции между частицами не являются только короткодействующими, - возможно, существенный вклад вносят и дальнедействующие корреляции.

Двухчастичная корреляционная функция $R(y_1, y_2)$, определяемая как

$$R(y_1, y_2) = C(y_1, y_2) \sigma_{in} / \frac{d\sigma}{dy_1} \frac{d\sigma}{dy_2} = \sigma_{in} \frac{d^2\sigma}{dy_1 dy_2} - 1, \quad (2)$$

при $y_1 \cong y_2 \cong 0$ отлична от нуля для разных пар Π -мезонов, что следует из таблицы III /24/.

Таблица III

Эксперимент	Величина		$R(0,0)$		
	Π^+	Π^-	Π^+	Π^-	III
$\pi^- p$, 40 Гэв/с	$0,21 \pm 0,06$	$0,59 \pm 0,08$	$0,27 \pm 0,007$	$0,41 \pm 0,04$	
$p\bar{p}$, 205 Гэв/с	$0,25 \pm 0,05$	$0,79 \pm 0,09$	$0,38 \pm 0,06$	$0,50 \pm 0,06$	
		$0,67 \pm 0,06$			

Если корреляции между частицами только короткодействующие, то "правильное" поведение R -функций состояло бы в следующем: для каждого значения y_1 одной частицы из пары мезонов распределение R -функций по другой частице из пары имело бы максимум при $y_1 = y_2$, и наблюдалось бы правильное движение максимума в пределах плато быстрой. Такое поведение максимума действительно и обнаруживается /24/ (рис.6), однако есть некоторое искажение: максимальное значение R -функции отнесено влево для $\pi^+\pi^-$ -комбинаций в интервалы $-0,2 < y_{\pi^+} \leq 0,2$ и $-0,6 < y_{\pi^-} \leq -0,2$.

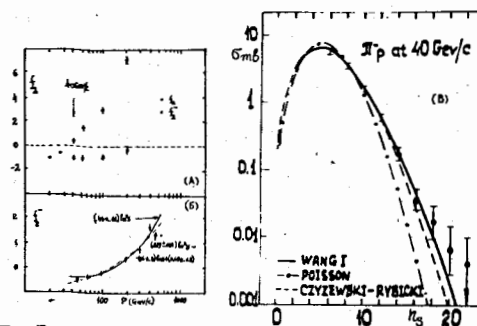


Рис.5 А,Б. Зависимость от энергии коэффициента корреляции /А/ между заряженными и между отрицательными; /Б/ только между отрицательными π^- -мезонами для реакции /А/ $\pi + p \rightarrow \pi^+ \dots$ и /Б/ для $p + p \rightarrow \pi^- + \pi^- \dots$

Рис.5 В. Распределение по множественности вторичных заряженных частиц для реакции π^- -мезонов с протонами при 40 Гэв/с. Штрих-пунктирной линией обозначено распределение Пуассона.

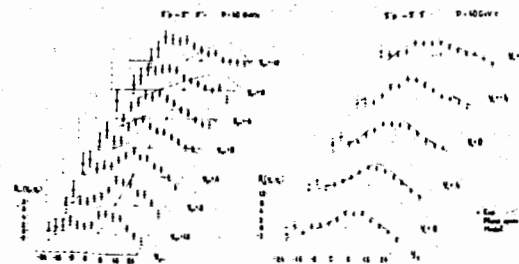


Рис.6. Распределения корреляционной функции $R(y_1, y_2)$

для различных комбинаций заряженных пар π -мезонов: /в/ для $\pi^+ \pi^-$ -пар; /г/ для всех возможных комбинаций зарядов. Данные получены в $\pi^- p$ -взаимодействиях при 40 Гэв/с. Пунктирной линией обозначен результат расчета по модели фазового объема.

Этот факт можно приписать вкладу дальнедействующих корреляций.

Далее рассматривается еще один вид корреляций: среднее число Π^0 -мезонов зависит линейно от числа заряженных частиц (здесь π -мезонов)^{/25/} $\langle n_{\pi^0} \rangle = \beta_- + \alpha_- n_-$, причем при 40 Гэв/с $\beta_- = 1.85$ и $\alpha_- = 0.28 \pm 0.04$. Ранее было показано, что в центральной области число π -мезонов разного знака одинаково. С ростом энергии вклад этой области увеличивается (ширина плато растет как $\ln S$), поэтому при больших энергиях можно ожидать, что коэффициент α будет возрастать. Это ожидание оправдывается на опыте /26/.

И, наконец, обсуждаются вопросы применения обменных диаграмм к инклюзивным процессам.

В шестой главе изучаются каналы с фиксированным числом заряженных частиц - полуинклюзивные реакции. При исследовании зависимости топологических сечений от множественности обсуждается так называемый скейлинг по множественности /27/. Данные для π^+p , π^-p , pp -реакций при 100 Гэв/с и π^-p при 40 Гэв/с хорошо ложатся на общую кривую (рис.7). Инвариантные распределения полуинклюзивных π^-p -реакций, как и было предложено в работе /28/, также оказываются масштабными, если для них ввести еще параметр $n/\langle n \rangle$:

$$F(s, x, p_T^2) = f_n^-(x, p_T^2, n/\langle n \rangle) [1 + \varphi(1/\ln S)], \quad (4)$$

где $\varphi(1/\ln S)$ - поправка (рис.8).

Показано, что для инвариантных распределений от взаимодействия разного типа (πp и pp) подобного совпадения не наблюдается.

Следующей закономерностью, обнаруженной /29/ для π^-p -соударений на основании полученных экспериментальных данных, был скейлинг полуинклюзивных дифференциальных распределений по попе-

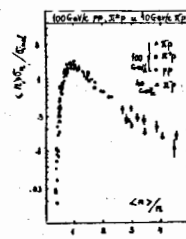


Рис.7. Распределение величин $\langle n_{\pi^0} \rangle / \langle n_{\pm} \rangle$ в зависимости от $\langle n_{\pm} \rangle / n_{\pm}$ для энергий взаимодействующих частиц 100 Гэв и 40 Гэв от реакций π^- -мезонов с протонами и протонов с протонами.

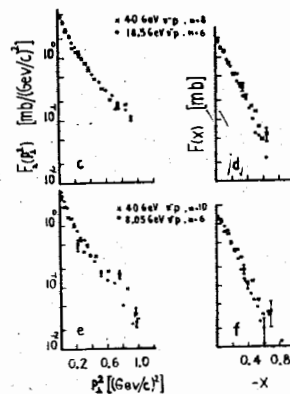


Рис.8. Инвариантные дифференциальные сечения $F_x(p_T^2) = \int f(x, p_T^2) dx$ и $F(x) = \int f(x, p_T^2) dp_T^2$ для инклюзивной реакции $\pi^- + p \rightarrow \pi^- + \dots$ при энергиях 40 Гэв и 18.5 Гэв. Сравнены такие каналы реакции, для которых отношения $n_{\pm} / \langle n_{\pm} \rangle$ совпадают.

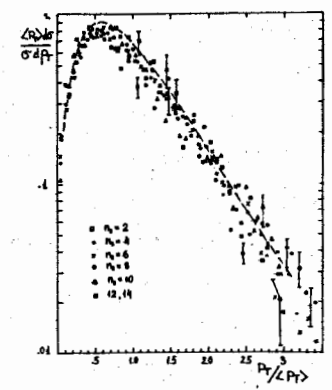


Рис.9. Зависимость функции $\langle p_T \rangle \frac{d\sigma}{d^2p_T}$ от величины $p_T / \langle p_T \rangle$ для различных топологических каналов реакции $\pi^- + p \rightarrow \pi^- + \dots$ при энергии 40 Гэв. Пунктирной линией обозначено соответствующее распределение для реакции $p + p \rightarrow \pi^- + \dots$ при энергии 300 Гэв.

речным и продольным импульсам:

$$\frac{1}{\sigma} \frac{d^2\sigma}{dp_T dp_{||}^{CM}} = \frac{1}{\langle p_T \rangle \langle p_{||}^{CM} \rangle} f(\langle p_T \rangle, \langle p_{||}^{CM} \rangle) \quad (5)$$

Оказалось, что функция f не зависит от начальной энергии, типа реакции и множественности вторичных частиц (рис.9). Распределения поперечных и продольных импульсов аппроксимировались теоретическими функциями, рассматриваемыми в термодинамической модели. Значения параметров этих функций совпадают для разных топологических каналов и близки к величинам, полученным для pp - взаимодействий /30/.

В конце главы обсуждается поведение корреляционных S -и R -функций для разных топологических каналов. Показано, что значения $R_{\pm\pm}^{(n)}(0,0)$ в пределах двукратных ошибок отличны от нуля и с ростом n приближаются к нулю снизу, а $R_{+-}^{(n)}(0,0)$ в пределах ошибок не отличаются от нуля для $n_3 = 4, 6, 8, 10, \dots$. Отметим, что $R_{\pm\pm}^{(n)}(0,0)$ согласуется с расчетами по фазовому объему и с данными лаборатории ферми. /31/.

В седьмой главе приводятся результаты исследования Λ -гиперонов и K^0 -мезонов, образованных в инклюзивных и полуинклюзивных $p\bar{p}$ -реакциях при 7,5 Гэв/с /33-35/ и 40 Гэв/с /36/. На рис.10 приведена зависимость от энергии поперечных сечений $\sigma(YK) = \sigma(Y^0K^0) + \sigma(Y^+K^+) + \sigma(K\bar{K}) = \sigma(K^0\bar{K}^0) + \sigma(K^+K^+)$. Сечения инклюзивного образования Λ -гиперонов и K^0 -мезонов, составлявшие при 7,5 Гэв/с соответственно 0.80 ± 0.25 и 3 ± 0.6 мбарн, стали при 40 Гэв/с 1.5 ± 0.3 и 5.5 ± 0.9 мбарн соответственно, и обнаруживают тенденцию к дальнейшему возрастанию. В рассматриваемой главе отмечены также некоторые особенности в образовании Λ -гиперонов, K^0 -мезонов и сопровождающих их частиц. Инклюзивные инвариантные распределения (I) для Λ и K^0 -частиц сравнены с результатами, полученными в $p\bar{p}$ -взаимодействиях при 205 Гэв и при некоторых других энергиях.

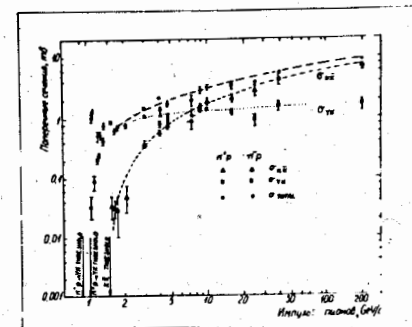


Рис. 10. Поперечные сечения образования странных частиц в зависимости от импульса налетающих p -мезонов.

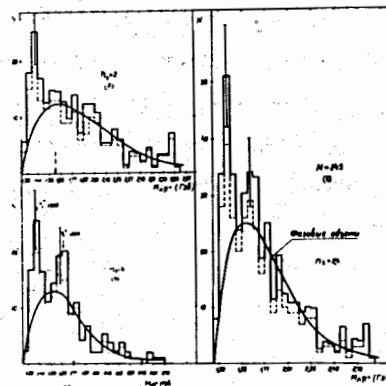


Рис. 11. Распределения эффективных масс $M_{\Lambda\pi^+}$ (a) $n_3 = 4$, (б) $n_3 = 2$, (с) - суммарное $n_3 = 2, 4$. Главные кривые соответствуют фазовым объемам, совпадающим с расчетом Монте Карло. Нормировка кривых проведена по событиям правее значений, указанных стрелками. Пунктирной линией обозначено распределение без геометрической поправки.

В последнем параграфе кратко описан эксперимент /37/ по поиску продольной поляризации Λ -гиперонов, образованных при 7,5 Гэв/с. Асимметрии в углах вылета вперед-назад протонов от распада Λ -гиперонов в системе покоя Λ -гиперона не обнаружено. Это находится в согласии /38/ с сохранением пространственной четности в сильных взаимодействиях.

В восьмой главе приводятся результаты изучения резонансов в инклюзивных и полунклюзивных реакциях при 7,5 Гэв/с. Исследовались только такие реакции (939 событий), в которых рождались странные частицы (Λ -гипероны и K^0 -мезоны), причем ряд работ /3, 35, 39-45/ был проведен в то время, когда происходили еще только первые открытия в области резонансной физики. Наблюдалось образование и изучался распад ρ -мезонов, A_1 , $\eta_{(1070)}$ -мезонов, Σ (1385) /рис.11/, Σ (1765) - гиперонов, K^* (888)-мезонов и других резонансов. Впервые нами на примерах A_1 -мезонов (рис.12) и Σ (1765) было выяснено, что некоторые резонансы могут распадаться каскадным образом. В работе обсуждаются и другие максимумы в спектрах эффективных масс, например в спектрах четырех Π -мезонов ($2\Pi^+2\Pi^-$), в спектре частиц ($K^03\Pi$) и других, природа которых еще не выяснена. В конце главы описываются трудности, с которыми мы столкнулись при изучении резонансов, и их частичное преодоление.

В девятой главе изучаются эксклюзивные реакции - реакции в обычном, традиционном понимании: канал процесса со строго фиксированным числом образовавшихся частиц. Получены поперечные сечения реакций с числом заряженных частиц от 4 до 14 при 40 Гэв/с.

Поперечное сечение для реакции $\Pi^-p \rightarrow p\pi^+ + 2\pi^-$ согласуется с данными других работ /46/.

В десятой главе представлены результаты исследования еще двух эксклюзивных реакций - упругого рассеяния Λ -гиперонов и

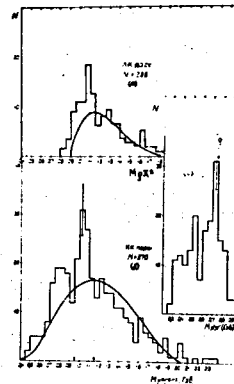


Рис.12. Распределения эффективных масс $M_{\pi^+\pi^-}$ для случая с образованием K^0 -мезонов /Б/; и распределение масс $M_{p\pi^-}$ для событий с ΛK -парами /а/; Справа расположены эффективные массы $M_{n\pi^-}$ для событий из области $95\theta < M(\pi^+\pi^-\pi^+) < 1150$ Мэв распределения /Б/.

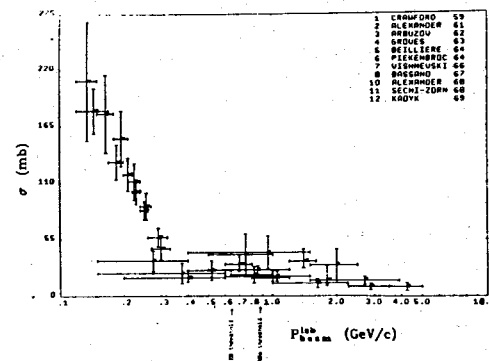


Рис. 13. Поперечные сечения упругого рассеяния Λ -гиперонов на протонах в зависимости от импульсов Λ -гиперонов.

K^0 -мезонов на водороде. Наши работы /47/ были в числе первых экспериментальных /48/ исследований непосредственного столкновения Λ и K^0 - частиц с нуклонами. До этого сведения о взаимодействии получались из анализа энергий связи гиперфрагментов.

Краткий обзор результатов изучения гиперфрагментов и теоретическое их истолкование приведены в начале главы. После отбора Λ p - взаимодействий и введения необходимых поправок были определены сечения Λ -p упругого взаимодействия по всему интервалу импульсов Λ -гиперонов, от 0,4 до 2,5 Гэв/с, которое оказалось равным $\sigma_{\pm} = (36 \pm 14)$ мбн, а также в интервалах от 0,4 до 1,5 Гэв/с и от 1,5 до 2,5 Гэв/с, где сечения оказались равными соответственно: $\sigma_1 = (42 \pm 16)$ мбн и $\sigma_2 = (30 \pm 15)$ мбн. Проведенные уже после опубликования этих данных измерения сечений генерации Λ -гиперонов и K^0 - мезонов в столкновениях Π^- - мезонов с ядрами углерода /49/ показали, что использованный при определении сечений закон $A^{2/3}$ сильно нарушается уже при 7,5 Гэв/с. Учет этого нарушения приводит к уменьшению величин поперечных сечений на фактор 1,6. Исправленные значения равны соответственно в выбранных интервалах: $\sigma_1 = 26$ мбн и $\sigma_2 = 22$ мбн. На рис.13 приведены вместе с нашими данными все другие, имеющие к настоящему времени, данные по поперечным сечениям Λ - p рассеяния в зависимости от энергии Λ -гиперонов. Дифференциальные угловые распределения рассеявшихся Λ -гиперонов почти изотропны вплоть до энергии 1 Гэв, а выше 1 Гэв имеют сильный пик вперед.

Глава одиннадцатая содержит краткие выводы.

Основные результаты работы

(I) Разработан метод определения констант оптической

системы камеры с помощью реперов, находящихся в рабочем объеме.

С помощью этого метода определены значения констант для нескольких сеансов облучения в Дубне и Серпухове, а также исследованы искажения и оценены неточности в определении параметров следов частиц.

(2) Создана система программ для обработки взаимодействий частиц, зарегистрированных в пузырьковых камерах, наполненных жидкостью более тяжелой, чем водород. Для нужд группы обработки फिल्मового материала Института Ядерной физики и Ядерной Энергетики в Софии был написан и задействован специальный вариант программ, приспособленный к ЭВМ, работающим в Софии.

(3) Была написана специальная программа моделирования и идентификации гипотез (FARFORS) и с ее помощью исследованы возможности разделения частиц Λ , K и Υ между собой, разделения отдельных каналов эксклюзивных реакций и выделения примесей в эксклюзивный канал взаимодействий на квазисвободных протонах от ядер углерода. Рассчитаны также эффективности регистрации Υ -квантов в 2-метровой пропановой камере.

(4) Получены одночастичные инвариантные инклюзивные распределения для p^{\pm} , p^0 - мезонов и некоторые характеристики для протонов. Сравнение распределений структурных функций для трех энергий 8,05, 18,5 и 40 Гэв показывает, что в узкой центральной области ($x \approx 0$, $y \approx 0$) эти функции для p^- -мезонов почти достигли предельных значений при 40 Гэв. Это утверждение относится также к p^+ - и p^0 - мезонам. Скейлинговая область (плато) растет с увеличением энергии.

Смещение относительно друг друга распределений по переменной Фейнмана x и быстротам для p^+ - и p^- - мезонов, а также отклонение от симметричности спектров p^- -мезонов при разных энергиях указывает на значительное влияние лидирующих частиц.

С увеличением множественности заряженных частиц в топологическом канале, а также с увеличением энергии взаимодействия это влияние уменьшается.

(5) Интегральные коэффициенты корреляции π -мезонов отличны от нуля и положительны для всех пар π -мезонов. Этот факт находится в согласии с наблюдающимся отклонением распределений по множественности частиц от распределения Пуассона. Исследования коэффициенты корреляции π -мезонов в быстротах. Наибольший вклад в коэффициенты корреляции вносят топологические каналы с малым числом заряженных частиц $n_s = 4, 6$.

(6) Получено, что при 40 ГэВ среднее число π^0 -мезонов зависит от числа заряженных частиц линейным образом с наклоном прямой $\mathcal{L} = .28 \pm 0.4$. Сравнение с другими данными показывает, что с возрастанием энергии S увеличивается величина наклона. Этот факт находится в согласии с моделью Фейнмана об увеличении роли центральной области с ростом энергии, а также хорошо описывается другими моделями.

(7) Эмпирический закон для множественностей заряженных частиц, предложенный Коба, хорошо выполняется для топологических каналов π^-p -взаимодействий при изучаемых в настоящее время энергиях. Что касается скейлинга полуинклюзивных инвариантных сечений с параметром $n/\langle n \rangle$, то его действие ограничено, только π^-p -взаимодействиями, причем проверка проведена с небольшой точностью (в пределах 15%).

(8) Наблюдается масштабность полуинклюзивных дифференциальных распределений по поперечным и продольным импульсам. Полученные распределения оказались универсальными не только для топологических каналов одной реакции (π^-p), но и для разных реакций. Обсуждаемая эмпирическая закономерность не связана

с какой-либо конкретной моделью. Для её описания удобными оказались параметры, предлагаемые термодинамической моделью.

(9) Определены поперечные сечения инклюзивного одиночного и парного образования нейтральных странных частиц (Λ -гиперонов и K^0 -мезонов) в π^-p -взаимодействиях при 7,5 ГэВ/с и 40 ГэВ/с. Сравнение с данными других работ показывает, что поперечное сечение образования K^0 -мезонов (пар $K^0 \bar{K}^0$) и Λ -гиперонов продолжает расти. Поперечное сечение образования Λ -гиперонов и K^0 -мезонов (ΛK и $K K^0$ -пар) составляет значительную часть полного поперечного сечения $25\% \sigma_{tot}$ при 40 ГэВ/с.

(10) Величина продольной поляризации Λ -гиперонов совпадает в пределах ошибок с нулем и находится в согласии с сохранением пространственной четности в сильных взаимодействиях.

(11) С наибольшей достоверностью установлено образование при 7,5 ГэВ/с следующих уже известных резонансов ρ и K^* (888) - мезонов Σ (1392) -гиперона в реакциях с ΛK -парами и $K^* (888)$, K (730)-мезонов с $K \bar{K}$ -парами, A_1 , η (1070)-мезонов, Σ (1770) -гиперона, и Y (1660) - гиперона и, возможно, U (L) -мезона. Подробные сведения об образовании этих резонансов, в такого типа процессах при высоких энергиях получены впервые в наших работах.

Нами впервые было указано на возможность каскадных распадов тяжелых резонансов, на примерах A_1 -мезонов и Σ (1770)-гиперона.

(12) Получены поперечные сечения для упругого рассеяния Λ -гиперонов на протонах ($/ 26 \pm 10$ мбн / и $/22 \pm 9$ мбн/ в интервалах импульсов Λ -гиперонов соответственно от 4 до 1.5 ГэВ/с и от 1.5 до 2.5 ГэВ/с). Ход поперечных сечений Λp -рассеяния с энергией подобен pp -рассеянию,

но при малых энергиях (меньше 200 Мэв) поперечные сечения для Λp -рассеяния в 5 раз меньше pp -сечений. Не обнаружено сколько-нибудь существенной зависимости Λp -взаимодействий от спина.

Дифференциальные сечения Λp -рассеяния до импульсов 1 Гэв/с почти изотропны. При больших импульсах рассеявшиеся Λ -гипероны предпочитают вылетать вперед.

(13) Оценены поперечные сечения эксклюзивных реакций с большим числом заряженных частиц ($n_{\pm} = 4 + 14$) при 40 Гэв/с. Поперечное сечение для реакции $p \bar{p} \rightarrow p + p^+ + n^- + p^-$ совпадает с полученным в других работах.

Содержание диссертации основано на следующих публикациях /3-6, 8-16, 20-25, 28-29, 32 - 37, 39-45, 47, 49/. Эти публикации цитируются во многих работах других авторов и были представлены на международные конференции по физике элементарных частиц и высоких энергий в Женеве (1962 г.), Дубне (1964 г.), Амстердаме (1971 г.), Оксфорде (1972 г.), Батавии (1972 г.), Экс-ан Провансе (1973 г.) и Лондоне (1974 г.).

Большинство экспериментальных фактов, описанных в диссертации, получено впервые.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ван Ган-чан, М.И.Соловьев, Ф.Н.Шкобин, Сообщение ОИЯИ Р-2309, /1959/, ПТЭ, I, II, /1959/.
2. M.P. Balandin et al., N.I.M. 20, 110, (1963).
3. В.А.Белянов, ... В.Н.Пенев и др. Материалы международной конференции по вопросам физики высоких энергий, Тихань, 25-30 сентября /1962/, Будапешт, 1963, стр. 120.
4. Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев, Н.А.Смирнов, М.И.Соловьев, Сообщение ОИЯИ I3-5942, /1971/.
5. N.O.Akhababian, B.D.Grekova, V.N.Penev, A.I.Sklovskaya. Bulgarian Journal of Physics. 6, (1973).
6. А.У.Абдурахимов, Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев. Сообщение ОИЯИ I-5140 /1970/.
7. Н.Ф.Маркова и др. Сообщение ОИЯИ, P10-3768, Дубна, /1968/.
8. А.У.Абдурахимов, ... В.Н.Пенев и др. Сообщение ОИЯИ I-6335, Дубна, /1972/.
9. К.П.Вишневская, Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев, Ю.В.Тевзадзе. Сообщение ОИЯИ I-5978, Дубна /1971/.
10. А.У.Абдурахимов, ... В.Н.Пенев и др. Сообщение ОИЯИ I-5121, Дубна /1970/.
11. Н.Ангелов, Г.И.Копылов, В.Н.Пенев, Ю.В.Тевзадзе, А.И.Шкловская. Сообщение ОИЯИ I-5449, Дубна, /1970/.
12. G.I.Kopylov, V.N.Penev, A.I.Sklovskaya. Bulgarian Journal of Physics 4, OIЯИ P1-7896, (1974) Дубна.
13. Г.И.Копылов, В.Н.Пенев, Ю.В.Тевзадзе, А.И.Шкловская. Сообщение ОИЯИ 2-5490, Дубна, /1970/.

14. А.У.Абдурахимов, ... В.Н.Пенев и др. Сообщение ОИЯИ I-4468, Дубна, /1969/.
15. Е.Н. Кладницкая, ... В.Н.Пенев и др. Сообщение ОИЯИ I-5111, Дубна, /1970/.
16. Е.Н.Кладницкая, ... В.Н.Пенев и др. Сообщение ОИЯИ I-4283, Дубна, /1969/.
17. А.А. Logunov, М.А. Mestvirishvili, Nguen Van Hien, Phys. Lett. 25B, 617, (1967).
18. R.P. Feynman, Phys. Rev. Lett. 23, 1414, (1969).
19. J. Veneske, T.T. Chou, C.N. Yang, E. Yen, Phys. Rev. 188, 2159, (1969).
20. A.U. Abdurakhimov et al., Phys. Lett. 39B, 571, (1972)
21. Н.О. Ахабабян, Л.Д. Грекова, Н.Л. Иков, П.К. Марков, В.Н. Пенев, А.И. Шкловская, Х. Семерджиев. Труды IV симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц, Варна /1974/, Сообщен ОИЯИ Д1, 2-8405, /1975/.
22. A.U. Abdurakhimov et al., Nucl. Phys. B83, 365, (1974).
23. А.У. Абдурахимов, ... В.Н. Пенев Phys Lett 48B, №3, 277 (1974)
24. Н. Ангелов, ... В.Н. Пенев и др. ОИЯИ Р1-8269, Дубна, /1973/.
25. А.У. Абдурахимов, ... В.Н. Пенев и др. Ядерная физика т. I7, в. 6, I235, /1973/.
26. F.T. Dao and Whitmore, Phys. Lett. 46B, 252, (1973).
27. Z. Koba et al. Nucl. Phys. B40, 317, (1973).
28. Н.О. Ахабабян, Л.Д. Грекова, В.Н. Пенев, А.И. Шкловская. Там же, где и 24.
29. Н.А. Ангелов, Н.Н. Мельникова, Т. Соломин, Л. Щеглова. Там же, где и 21.
30. Z. Ming Ma et al. Phys. Rev. Lett. 31, 1320 (1973).

31. R. Singer et al., Phys. Lett. 49B, 481 (1974).
32. В.А. Беляков, .. В.Н. Пенев и др. ЖЭТФ 44, вып. 2, 432, /1963/.
33. Ван Юн-чан, ... В.Н. Пенев и др. ЖЭТФ 43, вып. 3 /9/, 815-822, /1962/.
34. Du Yuan-sai, ... V.N. Penev.. et al. Proc. of the Int. Conf. on High Energy Phys. at CERN, p. 255. (1962).
35. В.А. Беляков, ... В.Н. Пенев и др. Там же, где и 3, стр. 96.
36. А.У. Абдурахимов, ... В.Н. Пенев и др. Препринт ОИЯИ Р1-7267, /1973/. Ядерная физика т. I8, I2-51. /1973/.
37. В.А. Беляков, ... В.Н. Пенев и др. ЖЭТФ 45, вып. 2 /8/, 90-92, /1963/.
38. V.G. Soloviev., Nucl. Phys. 6, 608, (1958).
39. В.А. Беляков, ... В.Н. Пенев и др. Труды XII Мед. Конф. по физике высоких энергий, Дубна, 5-15 авг. 1964 г. Атомиздат, Москва т. I /1966/.
40. В.А. Беляков, В.И. Векслер, Н.М. Вирясов, Е.Н. Кладницкая, Г.И. Копылов, А. Михул, В.Н. Пенев, Е.С. Соколова, М.И. Соловьев. ЖЭТФ 46, вып. 6, /1967-1968, 1964/.
41. В.А. Беляков, В.И. Векслер, Н.М. Вирясов, Е.Н. Кладницкая, Г.И. Копылов, В.Н. Пенев, М.И. Соловьев, Ядерная физика I, вып. 2. 351-365, /1965/.
42. Du Yuan-sai, ... V.N. Penev et al., Proc. of the Int. Conf. on High Energy Physics at CERN, Geneva, p. 366, (1962).
43. В.А. Беляков, В.И. Векслер, Н.М. Вирясов, Е.Н. Кладницкая, Г.И. Копылов, В.Н. Пенев, М.И. Соловьев. Там же, где и 39.
44. В.А. Беляков, В.И. Векслер, Н.М. Вирясов, Е.Н. Кладницкая, Г.И. Копылов, В.Н. Пенев, М.И. Соловьев. Ядерная физика т. I, вып. 2, 338-350, /1965/.
45. В.А. Беляков, .. В.Н. Пенев и др. Сообщение ОИЯИ Р-1019, Дубна, /1962/.
46. G. Ascoli et al. Phys. Rev. D7, 669, (1973), Yu.M. Antipov et al. Nucl. Phys., D63, 141 (1973).

47. Б.А.Арбузов, Е.Н.Кладнищкая, В.Н.Пенев, Р.Н.Фаустов.
Сообщение ОИЯИ, Д-820, Дубна /1961/. ЖЭТФ 42, вып.4,
979-984, /1962/.
48. Odette Benary et al., A Compilation of YN-reactions,
Particle Data Group, Berkeley, UCRL-200000 YN, January(1970).
49. В.А.Беляков,...В.Н.Пенев и др. ЖЭТФ 46, вып.5, 1586-1596,
/1964/.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 июля 1975 г.