

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УЗССР

ТАШКЕНТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.И. ЛЕНИНА

Физический факультет

Кафедра "Ядерной физики и
космических лучей".

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: "Некоторые характеристики π^+ , π^- и π^0
взаимодействий при $p_s = 5 \text{ ГэВ}$ "

Научный руководитель:
мл. нач. сотрудник
К.Р. ИГАМБЕРДИЕВ

Рецензент:
ст. преподаватель
Ю.П. КРАТЕНКО

Дипломант
АРИПОВ М.М.

Ташкент - 1973 г.

О Г Л А В Л Е Н И Е

стр.

В В Е Д Е Н И Е

ГЛАВА I. Обзор экспериментальных данных

- § 1. Экспериментальные данные средней множественности вторичных заряженных частиц в взаимодействиях 3
- § 2. Когерентное и полукогерентное взаимодействия 8
- § 3. Корреляция пар протонов, испускаемых в пион - углеродных взаимодействиях 10

ГЛАВА II. Методика эксперимента.

- § 1. Некоторые характеристики метровой пропановой пузырьковой камеры 12
- § 2. Правила просмотра 15
- § 3. Измерение и обсчет отобранных событий 16

ГЛАВА III. Экспериментальная часть

- § 1. Общие характеристики просмотра 19
- § 2. Распределение по множественности в π^+p взаимодействиях 20
- § 3. Распределение по множественности в $\pi^+\pi$ взаимодействиях 22
- § 4. Распределение по множеству в $\pi^+\pi$ соударениях 23

В Ы В О Д И

Л И Т Е Р А Т У Р А

29

31

ВВЕДЕНИЕ

Взаимодействия быстрых адронов с атомными ядрами ведут в преобладающем количестве случаев к появлению многих частиц в конечном состоянии. Разновидность сортов этих частиц и широкий диапазон значений, в котором могут оказаться их энергии и углы эмиссии, создают большие трудности, при экспериментальном изучении этих процессов. Между тем, взаимодействия адронов с энергией порядка 10^9 Гэв и выше с атомными ядрами, могут быть ценным источником сведений о строении ядер, механизме ядерных реакций и физике элементарных частиц. Результаты соответствующих исследований очень важны и для других дисциплин, например, для астрофизики, а также в ряде практических приложений. Одним из наиболее всесторонних и удобных детекторов ядерных взаимодействий при больших энергиях является пузырьковая камера. Пузырьковая камера является именно тем прибором, который удовлетворяет условиям работы на пучках ускорителей; большая точность вещества, возможность выбора рабочей жидкости (водород, гелий, ксенон, пропан, фреон) короткое время восстановления режима, большая точность выдаваемой информации.

Большинство работ по поиску и доказательству существования неизвестных элементарных частиц и резонансов были выполнены с помощью пузырьковых камер.

Особенно ценны для исследований жидководородные

пузырьковые камеры, в которых происходит столкновение частиц высокой энергии с протонами. Наряду с жидководородными большое значение имеют камеры наполненные, тяжелой жидкостью: пропаном или фреоном. Пузырьковые камеры с пропановым наполнением позволяют изучить взаимодействие ядер водорода и углерода, и в то же время эффективно регистрировать γ - кванты.

Целью настоящей дипломной работы является изучение множественной генерации заряженных пионов, протонов, образование γ - кванты в V^0 частиц при взаимодействии π^- мезонов с импульсом 5 Гэв/с в жидководородной пузырьковой камере.

Г Л А В А I

ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

В настоящее время имеется большой и разнообразный материал по исследованию упругих и неупругих взаимодействий — мезонов большой энергии на нуклонах и ядрах. Значительный удельный вес в этих исследованиях имеют работы, осуществленные методикой пузырьковых камер.

Это и понятно. Относительная простая обработка экспериментальных материалов, большая статистика все более и более привлекают научных работников к подобному методу исследования элементарных частиц при высоких энергиях.

Ниже мы даем краткий обзор экспериментальных работ по отдельным характеристикам неупругих взаимодействий π — мезонов с нуклонами и ядрами.

§ I. Экспериментальные данные средней множественности вторичных заряженных частиц в πp , πn , πc — взаимодействиях.

Важной характеристикой неупругих взаимодействий при больших энергиях является средняя множественность заряженных частиц. Некоторые экспериментальные результаты даны в таблицах I, 2 для πp и πn — взаимодействий.

Таблица 1.

Значение средней множественности вторичных
заряженных частиц ($\bar{n}_{зар}$) в π^0 взаимодействиях

Импульс : первич. : мезонов : (ГэВ/с) :	Работа метод	$\bar{n}_{зар}$
1.60	ГХ-ПК / 23 /	1,31 ± 0.09
2,8	П-ПК / 24 /	2.46 ± 0.12
6,8	Ф / 25 /	2.90 ± 0.15
7,5	Ф / 25 /	3.00 ± 0.15
10	В - ПК / 26 /	3.44 ± 0.02
16	В - ПК / 27 /	4,3 ± 0,1
16	В - ПК / 28 /	4,1 ± 0,1

Таблица 2

Значение средней множественности вторичных
заряженных частиц ($\bar{n}_{зар}$) в $\pi\pi$ взаимодействиях

Импульс : первич. : мезона : (ГэВ/с) :	Работа метод	$\bar{n}_{зар}$
2,8	П - ПК / 24 /	2,46 ± 0,12
6,8	Ф / 25 /	3,1 ± 0.2
7,5	Ф / 25 /	2.95 ± 0.10
17	ПФ-ПК / 29 /	3,5 ± 0.4

Как видно из таблицы, средние значения меняются с энергией π - мезонов сравнительно медленно. Как отмечается в работе / 30 / эта зависимость имеет вид:

$$\bar{n}_{зар}(T) = T^K$$

где K не превышает 1/2

В работе / 3 / изучались πC взаимодействия при импульсе первичных мезонов 5,1 Гэв. В этой работе были использованы стереофотографии, полученные с помощью метровой пузырьковой камеры.

Относительная вероятность генерации протонных, нейтронных и углеродных событий представлена в таблице 3.

Сечения πC и πP взаимодействий при различных импульсах π - мезонов представлены в таблице 4 и 5, соответственно.

Таблица 3

Относительные частоты генерации протонных нейтронных и углеродных событий с различной множественностью заряженных частиц (в процентах)

Число заряжен. треков	Тип события			
	P	n	C	
I	2	3	4	
0	3,5 ± 0,2			
1	0	6,0 ± 0,3	1,4 ± 0,1	
2	25,8 ± 0,6		1,3 ± 0,1	
3	(3,4 ± 0,2)	5,8 ± 0,3	7,8 ± 0,3	

1	2	3	4
4	$17,3 \pm 0,5$		$4,8 \pm 0,3$
5		$1,3 \pm 0,1$	$8,6 \pm 0,4$
6	$3,4 \pm 0,2$		$4,3 \pm 0,3$
7		$0,20 \pm 0,06$	$8,9 \pm 0,2$
8	$0,22 \pm 0,05$		$1,7 \pm 0,2$
9			$1,2 \pm 0,1$
10	$0,01 \pm 0,01$		$0,50 \pm 0,08$
11			$0,20 \pm 0,06$
12			$0,03 \pm 0,02$
13			$0,01 \pm 0,01$
Итого:	$50,5 \pm 0,9$	$13,4 \pm 0,4$	$36,1 \pm 0,7$

Таблица 4

Сечения $\pi^+ \pi^-$ взаимодействий при различных импульсах π^- мезонов

P_{π^+} ГэВ/с	$\sigma, \text{мб}$	Ссылка	Примечания
3	294 ± 10	9	
4	281 ± 10	9	
5,1	240 ± 16		
6,8	224 ± 7	10	
15	$208 \pm \begin{smallmatrix} 97 \\ 120 \end{smallmatrix}$	11	Получено усреднением по спектру

Таблица 5

Сечения $\pi^+\pi^-$ взаимодействий (мб) в различной
множественности заряженных частиц

Число лучей :	Импульс мезонов, Гэв/с									
	2,7	4	5,1	6,8	10	11,4	16	25		
0	$2,9 \pm 0,4$	$1,9 \pm 0,3$	$2,1 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,3$	$0,42 \pm 0,05$	$1,3 \pm 0,4$	$0,45 \pm 0,2$	$0,19 \pm 0,02$		
2	$22,8 \pm 0,3$	$10,2 \pm 0,3$	$14,9 \pm 1,5$	$12,4 \pm 1,2$	$11,7 \pm 0,3$	$10,2 \pm 0,8$	$8,95 \pm 0,9$	$7,16 \pm 0,12$		
4	$5,01 \pm 0,12$	$7,44 \pm 0,17$	10 ± 1	12 ± 1	$10,5 \pm 0,3$	$9,8 \pm 0,8$	$9,9 \pm 0,3$	$8,60 \pm 0,14$		
6			$2,0 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,5$	$3,8 \pm 0,2$		$4,8 \pm 0,6$	$5,87 \pm 0,11$		
8			$0,13 \pm 0,03$	$0,1 \pm 0,1$	$0,53 \pm 0,06$	$5,0 \pm 0,5$	$2,4 \pm 0,3$	$2,38 \pm 0,08$		
10			$0,01 \pm 0,01$		$0,35 \pm 0,02$			$0,64 \pm 0,04$		

§ 2. Когерентное и полукogerентное взаимодействия

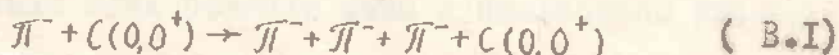
В последнее время большое значение приобретает изучение процессов когерентного рождения частиц в поле ядра, при которых ядро - мишень, получая малый импульс, взаимодействует с налетающей частицей высокой энергии как целое и остается в основном состоянии.

Указание на существование когерентных взаимодействий частиц высокой энергии с ядрами и подробное теоретическое объяснение этих явлений впервые были даны в работах / 6; 7. /.

Наряду с такими полностью когерентными взаимодействиями могут происходить, так называемые полукogerентные взаимодействия, которые сопровождаются возбуждением ядерных уровней, перезарядкой на ядрах и т.д.

В работах, выполненных при импульсе $6,1 \text{ Гэв}$ / 10; 11 / с помощью пузырьковой камеры были получены некоторые косвенные указания на существование когерентных взаимодействий в исследуемых событиях.

Для изучения когерентной неупругой диссоциации π^- -мезона в поле ядра углерода в работе / 2 / изучалась реакция:



Для изучения этой реакции были использованы стереофотографии, полученные с помощью 24-метровой пропановой пузырьковой камеры ЛВИ ОИЯИ, облученной π^- -мезонами с импуль-

сом $(7,5 \pm 0,8)$ Гэв/с. Регистрировались трехлучевые события, которые могут быть отнесены к реакции:

$$\pi^- + C(0,0^+) \rightarrow \pi^- + \pi^+ + \pi^- + m\pi^0 \quad (m=0,1,\dots)$$

Отобранные трехлучевые события были разделены на две группы. К первой были отнесены события, где отсутствуют признаки ядерного возбуждения или развала ядра, в том числе короткие следы (блобы). Остальные события, где имеются эти признаки, а также случаи с электронно-позитронными парами, составили вторую группу.

Распределение по $\sum \sin \theta_i$ рис. I для троек из первой группы событий (сплошная линия) с балансом энергии заметно отличается от соответствующего распределения для случаев второй группы (штрих - пунктирная линия). Преобладание "узких" троек среди событий первой группы с энергетическим балансом позволяет предложить присутствие обособленной категории взаимодействий.

Для изучения полукогерентного взаимодействия в работе / 2 / изучалось реакции типа:

$$\pi^- + C_6^{12} \rightarrow B C_5^{12} + m \pi^0 \quad (B2)$$

$$\pi^- + C_6^{12} \rightarrow \pi^- + \pi^- + N_7^{12} \quad (B3)$$

Для изучения этих реакций были использованы стереофотографии, полученные при облучении пропановой пузырьковой камеры пучком π -мезонов с импульсом 4 Гэв/с.

При просмотре стереофотографий в эффективном объеме

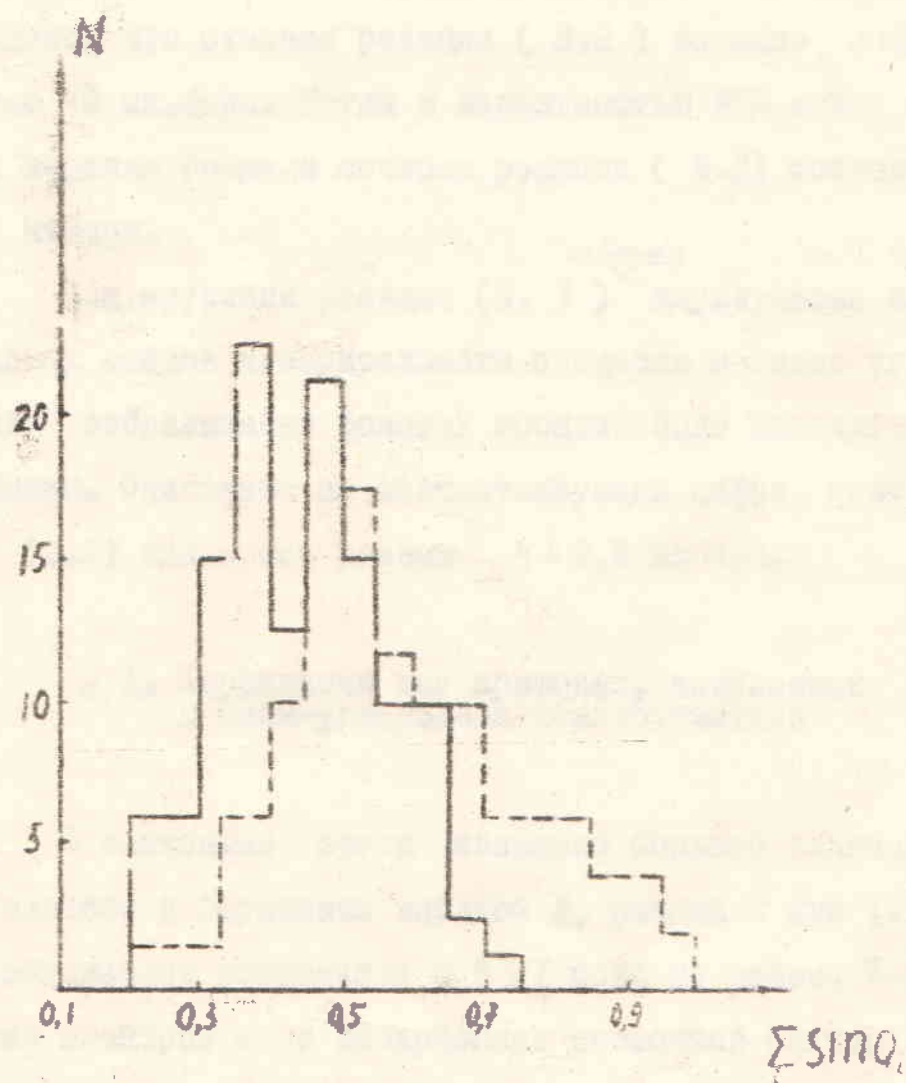


Рис. I. Распределение по

камеры регистрировались нуль-лучевые события, сопровождающиеся вылетом электрона из точки исчезновения первичного следа.

Регистрировались также электронно-позитронные пары, коллинеарные с точкой исчезновения первичного следа. Было найдено, что сечение реакции (В.2) на одно событие равно 40 мк.барн. Тогда с вероятностью 95% можно сказать, что верхняя граница сечения реакции (В.2) составляет 120 мкбарн.

При изучении реакции (В. 3) ^{отбирались} двухлучевые события без видимых следов испарительного процесса на ядре углерода. После отбрасывания фоновых событий было оставлено два события. Оцененное по соответствующей цифре, сечение реакции (В.3) оказалось равным $4 \pm 2,8$ мкбарн.

§ 3. Корреляция пар протонов, испускаемых в пион-углеродных взаимодействиях

В настоящее время известно большое количество резонансов с барионами зарядом В, равным 0 или 1. Вопрос о существовании резонансов с $B > 1$ пока не решен. Исследование спектров масс дибарионных состояний систем Λp и $p p$ / 16 /, полученных в результате обработки фотографий с 24-литровой пропановой пузырьковой камеры, облученной нейтронами с энергией (2 - 10) Гэв, указывает на возможное рождение дибарионных резонансов. В работе / 16 / приводятся

данные о существовании максимумов при различных значениях эффективных масс системы

Результаты исследования спектры эффективных масс дибарионного состояния двух протонов изложены в работе / 17 /.

Использовались снимки ксенонной пузырьковой камеры, облученной π^- -мезонами с импульсом 9 Гэв/с. Для анализа отбирались неупругие взаимодействия π^- -мезонов и ядер ксенона (Xe_{131}^{54}) с выбиранием двух и более протонов. В распределении эффективных масс системы двух протонов в районе, не намного (~ 10 Мэв) превышающем значение удвоенной массы протона, наблюдается избыток событий над фоном. Этот пик для двухлучевых случаев более заметен, чем для многолучевых.

В работе / 2 / изучалось корреляция пар протонов, испускаемых в пион-углеродных взаимодействиях при помощи 24-~~м~~^метровой пропановой пузырьковой камеры, облученной π^- -мезонами с импульсом 4 Гэв/с. В распределение по эффективным масс системы двух протонов наблюдается пик резонансного типа, который превышает соответствующее фоновое распределение на 4-5 стандартных отклонений.

Г Л А В А II

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

§ I. Некоторые характеристики метровой пропановой пузырьковой камеры

В работе использовались пленки, полученные с метровой пропановой (C_3H_8) пузырьковой камеры, находящейся в магнитном поле напряженностью: $H = 17$ кг.

Камера облучалась пучком π -мезонов синхрофазотрона ОИЯИ г.Дубна. Импульс π -мезонов.

$$P = 5 \pm 0,16 \frac{\text{Гэв}}{c}$$

Точность измерения импульсов частиц, оцененная по многократному рассеянию в пропане, составляет $\pm 3,2\%$ при этом поле на длине 1 м.

π -мезоны, генерируемые протонами с энергией 9.6 Гэв на мишени, расположенной в камере синхрофазотрона, заворачиваются магнитным полем ускорителя. И выводятся наружу через тонкое окно в соединительном патрубке одного из вакуумных насосов машины. Магнитный канал, предназначенный для формирования пучка отрицательных π -мезонов для метровой пропановой пузырьковой камеры позволяет:

- а) выводить частицы с различными импульсами по одному и тому же направлению за счет перемещения мишени в камере ускорителя;
- б) выделить узкий интервал импульсов вторичных частиц;

в) эффективно сфокусировать пучок в относительно неширокой центральной области пузырьковой камеры.

Расположение оборудования магнитного канала, формирующего пучок π -мезонов показано на рис. 2. Квадрупольная магнитная линза Q_1 , дает параллельный пучок частиц, а линза Q_2 фокусирует его на коллиматор. Щель коллиматора шириной 2 см. и высотой 5 см. является источником частиц для второй половины канала, которая состоит из магнита M_1 , и квадрупольной линзы Q_3 . Магнит M_1 позволяет избавиться от рассеянных частиц, появившихся в пучке после прохождения коллиматора. В магните M_2 помещается пузырьковая камера. Линза Q_3 фокусирует пучок на камеру.

Квадрупольный дублет Q_1 , состоит из линз МЛ-16 и МЛ-17, а два последующие объектива Q_2 и Q_3 имеют каждый по две линзы МЛ-7. В магните M_1 пучок отклоняется на 10° относительно первоначального направления движения частиц в канале. В качестве поворотного магнита использован магнит СМ-40Б с модифицированными полюсами.

Мишень, изготовленная из алюминия, имеет ширину 1, высоту 2 и длину по направлению пучка 16 см.

Вертикальный и горизонтальный размер пучка на входе в камеру равен соответственно 5×7 см и 16 см.

Рабочий объем камеры освещается двумя импульсными лампами ИФЛ-4000 через восемь окон, расположенных двумя рядами в нижней части корпуса.

Для фотографирования используется фотоаппарат, который

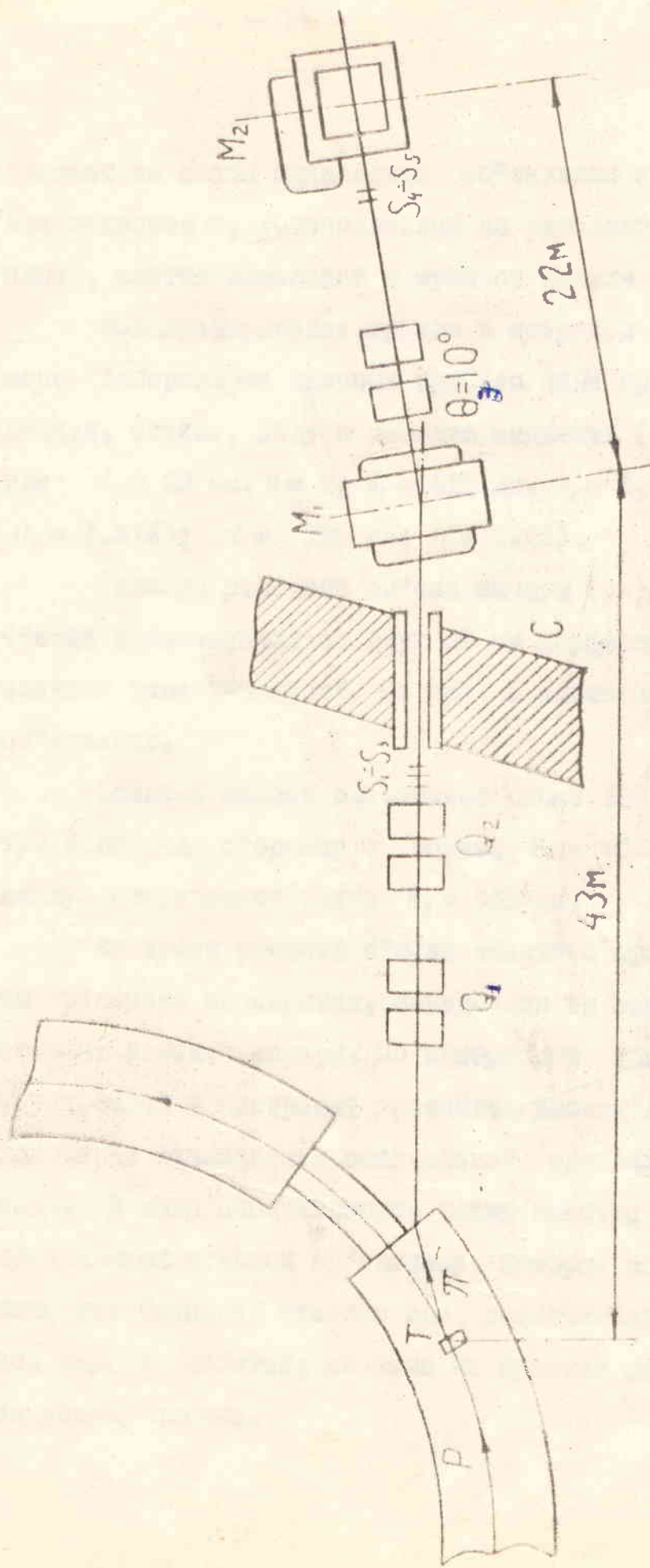


Рис. 2. Расположение оборудования магнитного канала, формирующего пучок π^- мезонов.

состоит из шести одинаковых об"ективов и двух лентопротяжных механизмов, установленных на массивной металлической плите, жестко связанной с крышкой кожуха камеры.

Фотографирование треков в метровой пузырьковой камере Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ производится через воздух, стекло, воду и рабочую жидкость (пропан) (рис. 4, где $d_0 = 20$ мм, $n = 1$; $d_2 = 615$ мм, $n_2 = 1.327$; $d_1 = 120$ мм; $n_1 = 1.5163$; $z = 185$ мм; $n = 1.23$).

Размеры рабочего об"ема камеры (рис. 3) 105x50x40 см. Съемка производится на двух 80 мм перфорированных аэрофото-пленках типа "Цинхром". На рис. 6 показано расположение 1-6 об"ективов.

Емкость кассет составляет около 120 м. Об"ективу образуют три основных стереопар с базами $B_1 = 400$ мм; расстояния между стереопарами равно $B_2 = 335$ мм.

Во время рабочей съемки вместе с треками фотографируются реперные перекрытия, нанесенные на верхнем и нижних стеклах рабочей камеры. По измеренным координатам этих перекрестей в программу расчетов вносятся поправки, обусловленные изменениями показателей преломлений пропана и воды. В кадр впечатываются также кресты, имеющиеся на предметах стеках об"ективов, которые используются в качестве базисной системы при восстановлении пространственной картины событий; по этим же крестам вносятся поправки на усадку пленки.

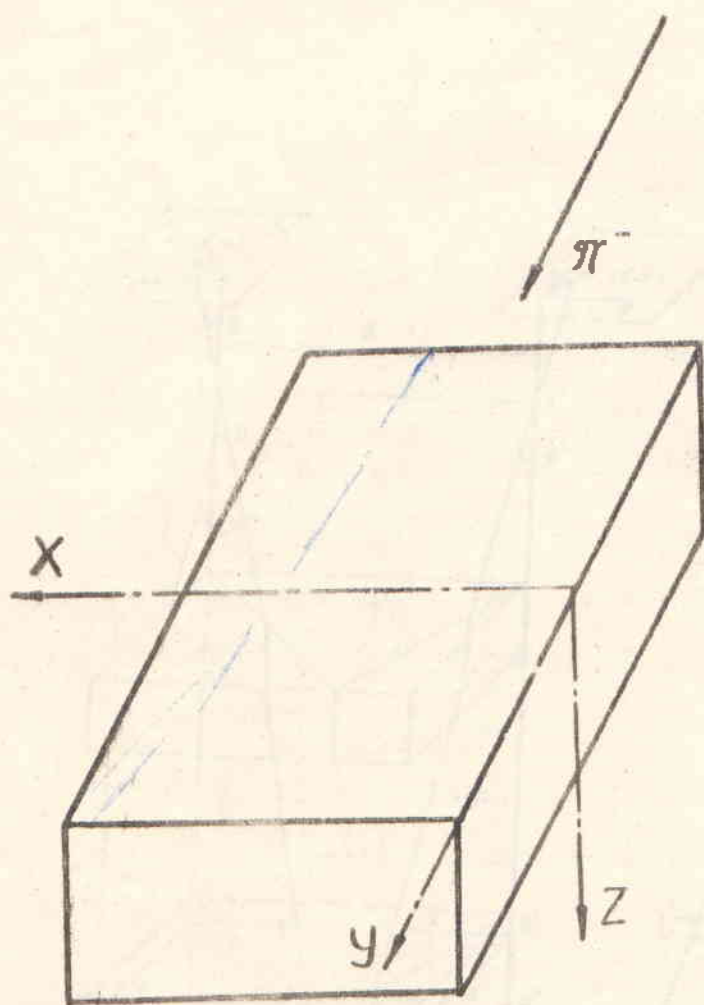


Рис. 3. Рабочий объем камеры

Используемый для заполнения камеры, коммерческий пропан повышенной чистоты, имеет следующий состав; пропан C_3H_8 - 95.5%, этан C_2H_6 - 3,6%; бутан C_4H_{10} - 0.9%.

§ 2. Правила просмотра

Просмотр стереофотографий проводился на просмотровых столах, изготовленных в лаборатории множественных процессов ФТИ АН УЗССР.

Увеличение просмотровых столов 10 x 1. Просмотр проводился по следующим правилам:

1. Просмотр ^{в объектах} проводился ~~независимо~~ ^{проектируя} на двух ~~половинах~~ камер с использованием возможностей всех шести об"ективов.
2. Просмотр проводился по следу пучковых частиц.
3. Рабочим кадром считался кадр с числом пучковых следов $\leq (10)$, расположенных в рабочей области.
4. Блобом считается черный след длиной ≤ 2 мм.

К взаимодействиям типа π^+p относились события, в которых имеется четное число треков; суммарный заряд всех вторичных частиц равен 0; число протонов равно нулю или единице; нет идентифицированного протона, летящего назад, а также блобов в точке взаимодействия. Взаимодействия типа π^-p имеют нечетное число треков. Суммарный заряд минус единица, и в точке взаимодействия не должно быть блобов. Все события не удовлетворяющие этим критериям,

классифицировались как π^+p взаимодействия.

Регистрировались (e^-e^+) пары и V^0 частицы, смотрящие в звезду и находящиеся во всей области камеры.

Проводился двукратный просмотр и определялась эффективность по всей статистике.

§ 3. Измерение и подсчет отобранных событий

С целью исследования коррелированных испусканий пар протонов в π^+p взаимодействиях в просмотре фиксировались события для измерения удовлетворяющие следующему критерию:

а) число "черных" или "серых" следов, которые можно идентифицировать как протон, не менее двух.

Для отбора нужных событий было просмотрено 3000 кадров стереофотографий. Всего было отобрано для измерения 209 двухлучевых и 181 трехлучевых случаев.

Измерения проводились на микроскопе УИМ-21 и на полуавтомате ПИК-1 по стандартным правилам, разработанным в группе пропановой пузырьковой камеры лаборатории высокой энергии ОИЯИ.

{ Пленки с кадрами, на которых имелись отобранные случаи, помещались на столике микроскопа УИМ-21 (рис. 5). Эмульсией вниз, при этом пучок был направлен слева направо. Измерение каждого трека производили на 1-6 проекциях, выбранных при просмотре и указанных на рисунке случаев.

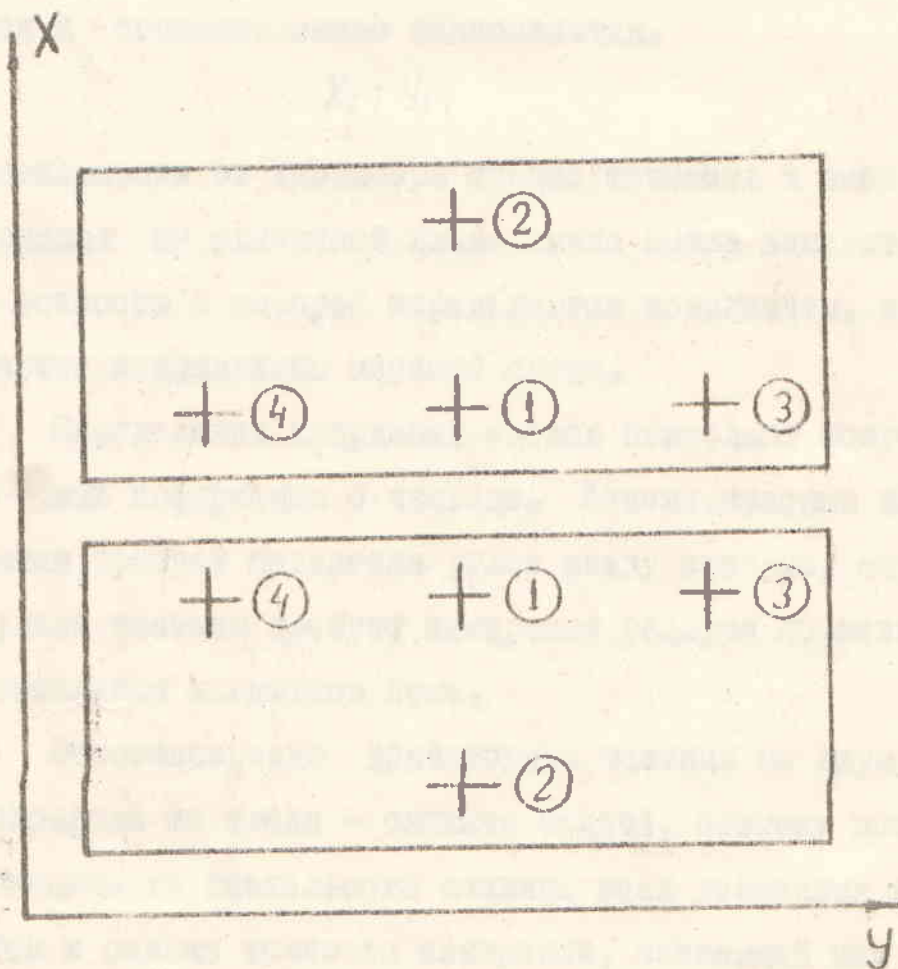


Рис. 6. Расположение пленки на столике
микроскопа УИМ-2I и ПИК-I.

Измерения начинают с записи координат первого креста $X; y$ после этого измеряются координаты второго, третьего и четвертого креста. Знание координат крестов необходимо для перехода из системы координат микрофиола в систему координат пузырьковой камеры.

На каждом следе события измеряются координаты 10-20 точек и соответственно записываются.

$$X_i; y_i;$$

В зависимости от характера следов точность и число измерений координат на единичной длине следа можно изменить. Предельная точность с которой определяются координаты, обуславливаются минимальной шириной следа.

Определение координат следов позволяют получать большую ~~много~~ информации о частице. Кинематический анализ события требует измерения углов между следами, определение импульса частицы требует измерения радиуса кривизны следа в постоянном магнитном поле.

Восстановление траектории частицы по двум стерео-фотографиям ее следа - сложная задача, поэтому возникает необходимость тщательного анализа всех возможных источников ошибок и оценки точности измерений, зависящий как от способа измерений, так и от конструкции аппаратуры.

По измеренным координатам вычисляются следующие параметры частиц.

1. P - импульс частицы в первой точке ($\text{Мэв}/c$)
2. ΔP - ошибка импульса

3. $tg\alpha$ - тангенс угла между направлением трека в первой точке (точка взаимодействия) и плоскостью XOY .

4. B - угол между касательной и проекции трека на плоскость в первой точке и осью

5. $\delta_{r,z}$ - коэффициент корреляции параметров и

6. φ_0 - угол поворота трека в радианах .

7. X, y, Z - координаты i -ой точки в см.

8. S - длина дуги в см.

9. W^2 и χ^2 - характеристики разброса точек около трека для вертикальной и горизонтальной плоскостей.

10. R - радиус кривизны в i -ой точке проекции трека на плоскость (в см.)

11. ΔR - ошибка радиуса.

12. ℓ, m, n - направляющие косинусы трека в i -ой точке.

13. X_N, Y_N, Z_N - координаты конечной точки трека.

Все расчеты проводились на электронно-счетной машине М-222, по геометрической программе "I-6" /22.1

В таблице 6 представлены результаты обочета параметров частиц одного из отобранных событий.

3080+00

0710+00
0550+00
4780+02

5000+00
5900+00
0500+02

3400+00
3200+00
2600+02

+ .3753120680+02
+ .1200519790+02

+ .4311152510+02
+ .1400150350+02

+ .4078347950+02
+ .1112988960+02

Г Л А В А II

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

§ I. Общие характеристики просмотра.

В данной главе представлены результаты обработки 3000 стереофотографий с метровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЗ ОИЯМ. Все кадры были просмотрены дважды. Для просмотра были отобраны только те кадры, у которых:

1. Число пучковых частиц не превышает 10.
2. Отсутствуют взаимодействия на стенках камеры, создающие большой фон.
3. Качества кадров (освещение, проявление и т.д.) не создают дополнительных трудностей для отбора и обработки нужных звезд.

В результате такого отбора общее количество полезных кадров сократилось до 2675.

При просмотре регистрировались все взаимодействия первичных частиц с нуклонами и ядрами углерода в рабочем объеме камеры. Эффективность двойного просмотра была оценка по формуле

$$\varepsilon = 1 - (1 - \varepsilon_1)(1 - \varepsilon_2) = 0,94 \pm 0,05$$

где ε_1 — эффективность первого просмотра

ε_2 — эффективность второго просмотра

В выбранной эффективной области камеры на всем просмотренном материале найдено 4589 случаев взаимодействий. По правилам идентификации 2292 классифицированы как π^+p взаимодействия 484 как π^+n и 1803 случаев отнесены к π^+C — взаимодействиям.

Близкими оказались среднее число γ - квантов и V^0 частиц на одно событие, для πp , πn и $\pi^+ p$ взаимодействий (таблица 6). Отсюда следует, что γ -кв. и V^0 частицы рождаются в первичном акте взаимодействия.

Таблица 6

Тип взаимодействия	$\bar{n}_\gamma$	$\bar{n}_{V^0}$
πp	0.30 ± 0.01	0.040 ± 0.001
πn	0.27 ± 0.01	0.030 ± 0.001
$\pi^+ p$	0.25 ± 0.01	0.040 ± 0.001

§ 2. Распределение по множественности в πp - взаимодействиях

В результате двукратного просмотра нами были отобраны 1286 звезд с четным числом вторичных следов и их суммой зарядов равной нулю. Следует отметить, что среди двухлучевых звезд имеются случаи упругого рассеяния первичного π^- - мезона на свободном и квазисвободном протонах. Распределения, отобранных звезд по множественности приведены в таблице 7. В этой же таблице приведены данные, относящиеся к собы-

типы ϕ - квантами и γ - частицами.

Для наглядности на рис. 7 показано распределение по множественности для всех πp событий (включая упругие случаи).

Нами было получено значение средней множественности заряженных частиц, среднее число γ - квантов и V^0 частиц для πp взаимодействий, равное

$$\bar{n}_{зар} = 2.89 \pm 0.06$$

$$\bar{n}_\gamma = 0.30 \pm 0.01$$

$$\bar{n}_{V^0} = 0.04 \pm 0.001$$

Таблица 7

Распределение событий по множественности заряженных частиц в πp - взаимодействиях

$\bar{n}_{зар}$	: Число событий	: Доля от всех : событий в %
0	103	4.49 ± 0.45
2	1207	55.40 ± 1.59
4	865	37.81 ± 1.29
6	98	4.26 ± 0.41
8	17	0.74 ± 0.19
10	2	0.10 ± 0.1
<i>Всего</i>	2292	100

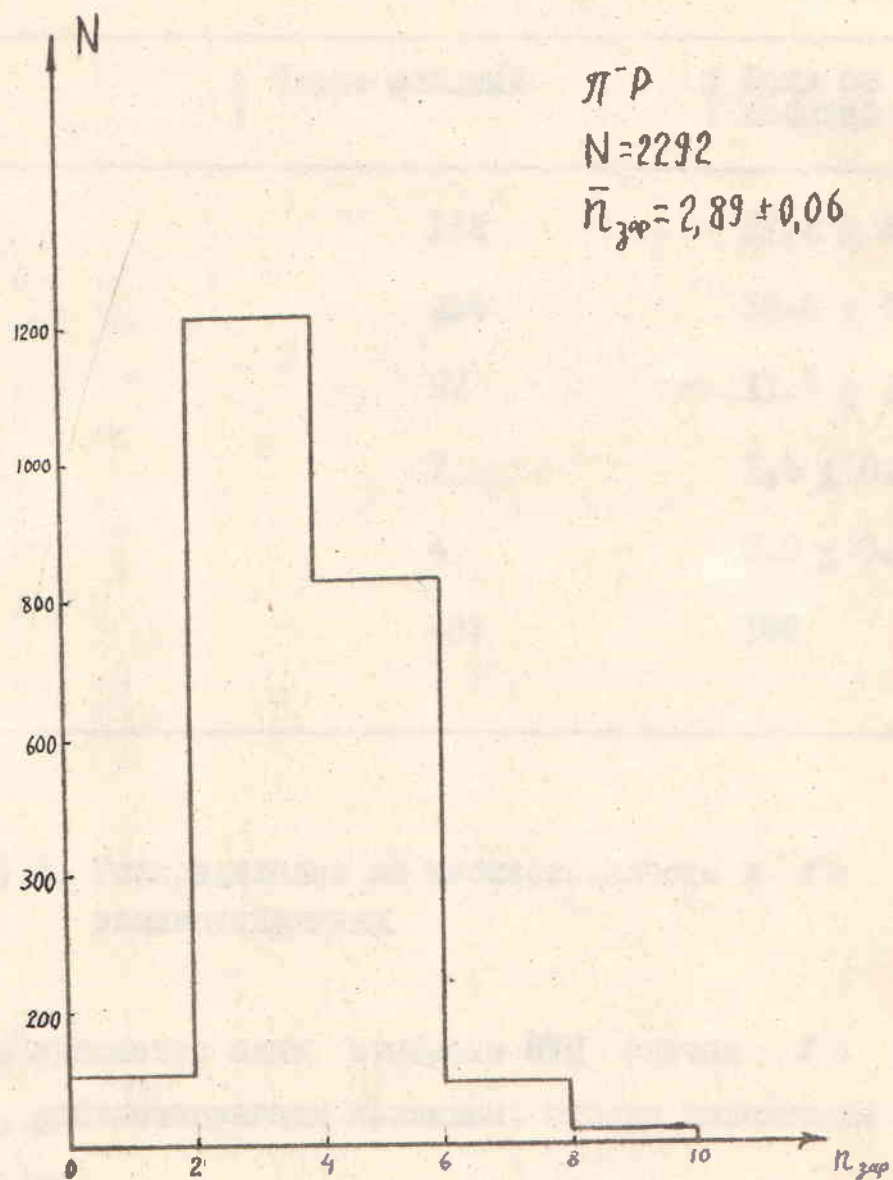


Рис. 7. Распределение по множественности в π^-p взаимодействиях.

Таблица 8

Распределение событий по множественности
заряженных частиц в πn -взаимодействиях

$n_{зар}$	Число событий	Доля от всех событий в %
I	132	27.2 ± 2.3
3	284	58.6 ± 3.4
5	57	11.8 ± 1.6
7	7	1.4 ± 0.6
9	4	0.8 ± 0.4
	484	100

§ 3. Распределение по множественности в πn -взаимодействиях

При просмотре нами отобрано 372 случая πn -взаимодействий, удовлетворяющих правилам, отбора изложенным выше (глава 2).

Распределение отобранных событий по множественности (включая звезды с γ -квантами и ν^0 -частицами) приведены в таблице 8. На рис. 8 дано распределение по множест-

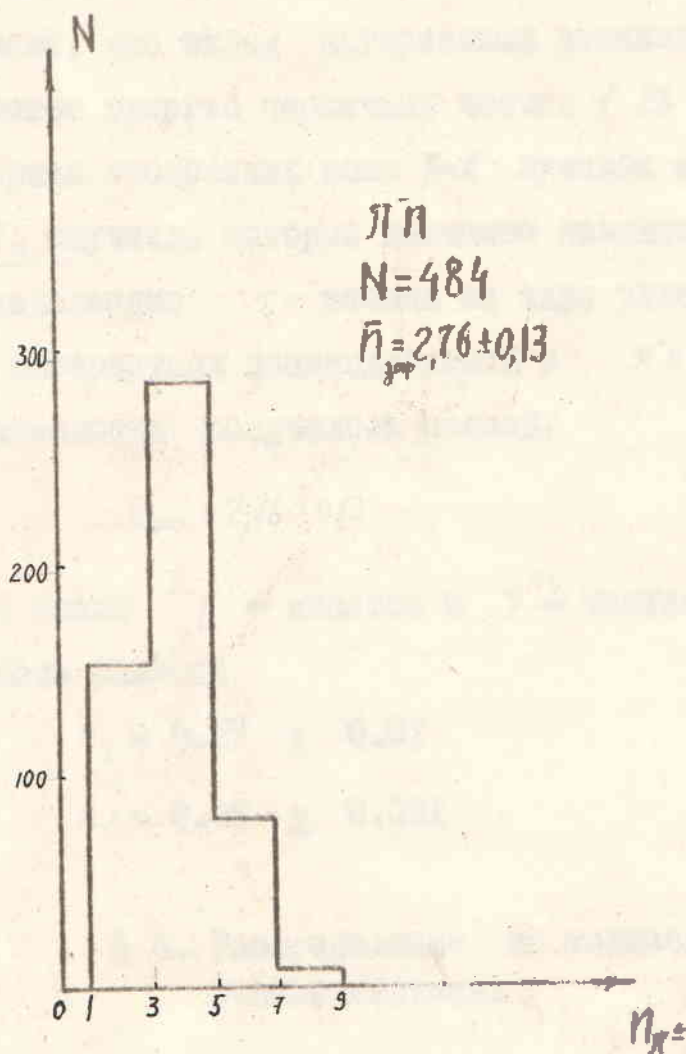


Рис. 8. Распределение по множественности в πn взаимодействиях.

венности для общего числа отобранных звезд. Как видно из рис. 2 в нашем распределении по множественности при $\bar{n}_{\text{зар}} = 3$ имеется пик. Этот пик обусловлен когерентными взаимодействиями.

Экспериментальные данные имеющиеся в настоящее время показывают, что вклад когерентных взаимодействий увеличивается с ростом энергии первичных частиц / 23 /.

7 Среди отобранных нами 3-х лучевых событий имеются около 71 случаев, которые возможно являются когерентными взаимодействиями π -мезона на ядре углерода. После вычитания когерентных взаимодействий в πn событиях средняя множественность получалась равной:

$$\bar{n}_{\text{зар}} = 2,76 \pm 0,13$$

Среднее число γ - квантов и V^0 - частиц на одно событие получалось равной:

$$\bar{n}_{\gamma} = 0,27 \pm 0,01$$

$$\bar{n}_{V^0} = 0,03 \pm 0,001$$

§ 4. Распределение по множественности $\pi\pi$ взаимодействиях

При просмотре нами было отобрано 1803 случая взаимодействий, удовлетворяющих правилам отбора изложенным выше.

В таблице 9 и 10 приведены данные по средней множественности релятивистских треков в зависимости от числа медленных протонов для соударений π -мезонов с ядрами углерода с импульсом 5 Гэв/с и 40 Гэв/с.

В таблице 11 и 12 приведено среднее число γ -квантов и V^0 -частиц в $\pi\bar{\pi}$ взаимодействиях. Средняя множественность релятивистских треков составляет $\bar{n}_{rel} = 3.31 \pm 0.07$. Среднее число всех вторичных заряженных частиц в таких событиях оказалось равной $\bar{n}^{\pi\bar{\pi}} = 4.22 \pm 0.09$. Для наглядности на рис. 9 и 10 показано распределение по множественности релятивистских треков, γ -квантов и V^0 -частиц в зависимости от числа медленных протонов.

Интересно отметить отсутствие зависимости среднего числа релятивистских частиц от числа медленных протонов

На рис. 11 показана зависимость среднего числа релятивистских следов от числа черных следов. Там же штрихом показано аналогичная зависимость, полученная при энергии π^- -мезонов 40 Гэв.

Нами было получено среднее число протонов для $\pi\bar{\pi}$ взаимодействий равное

$$\bar{n}_p = 1.67 \pm 0.04$$

В работе [31], выполненной при помощи двухметровой пропановой пузырьковой камеры, облученной π -мезонами с импульсом 40 Гэв/с, среднее число протонов для взаимодействий было равно

$$\bar{n}_p = 1.27 \pm 0.02$$

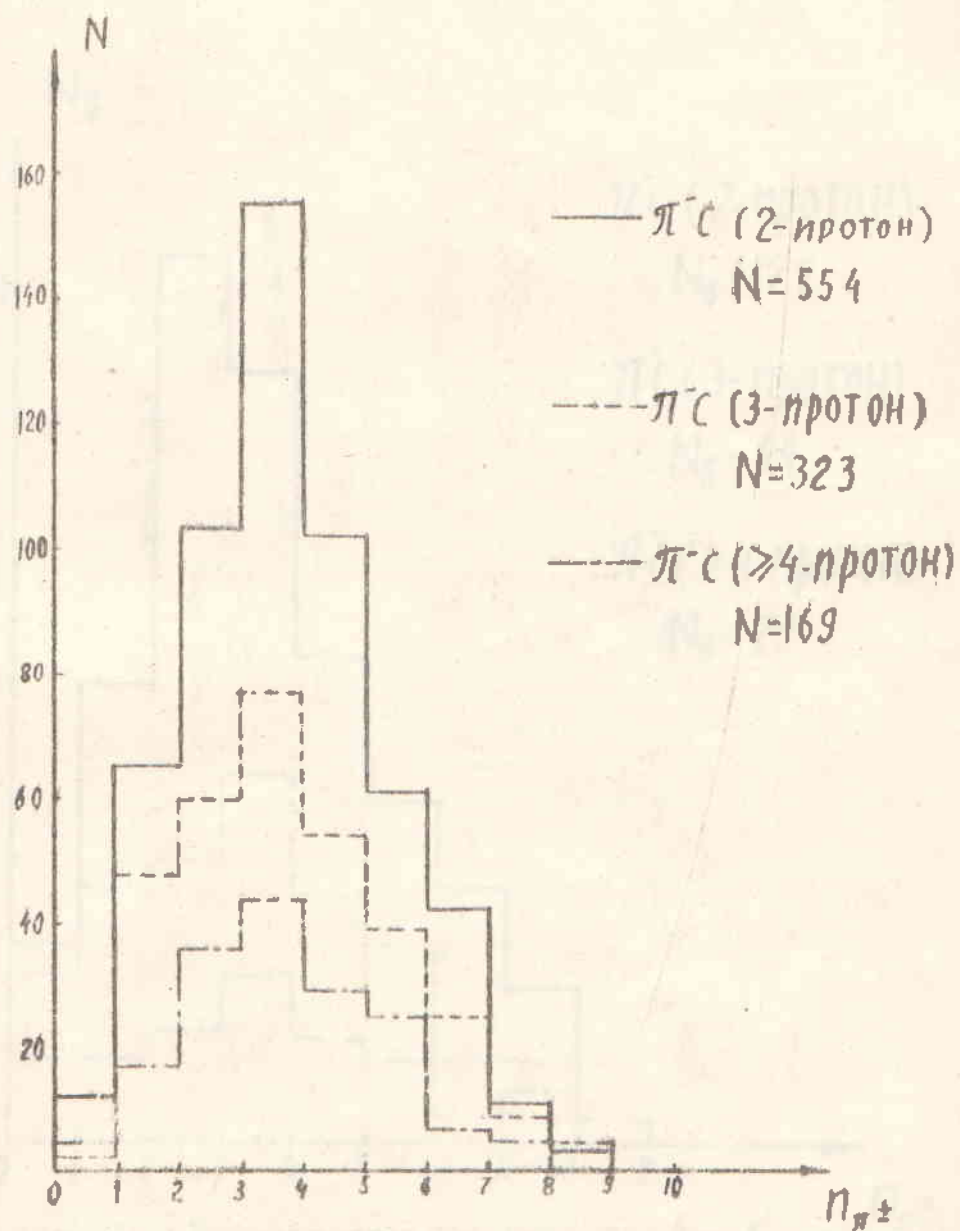


Рис. 9. Распределение по множественности в $\pi^- C$ взаимодействиях.

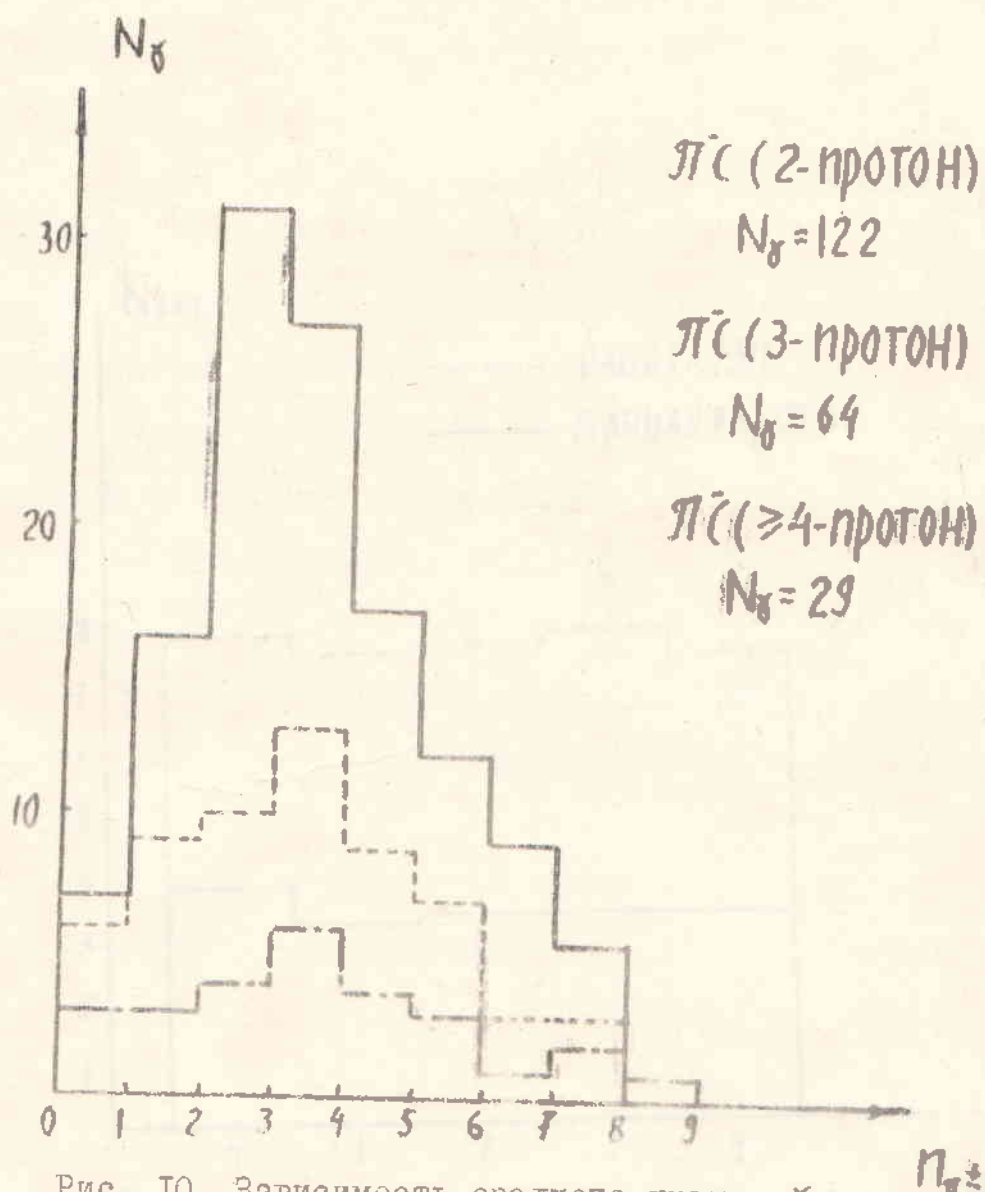


Рис. 10. Зависимость среднего числа δ -квантов от числа релативистских следов.

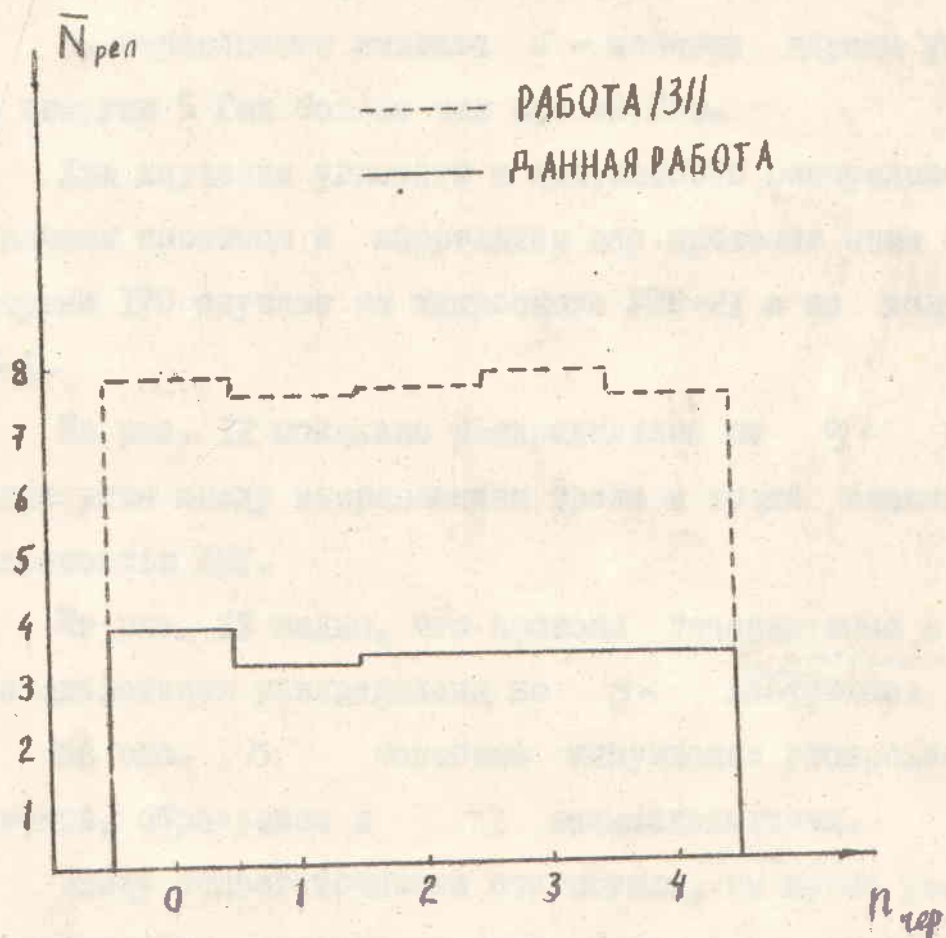


Рис. II. Зависимость среднего числа релятивистских следов от числа черных следов.

Из этих значений среднего числа протонов видно, что при сверхвысоких энергиях среднее число генерации протонов уменьшается. Этот факт можно объяснить следующим образом:

1. Сечения π с взаимодействия при энергии первичных мезонов 5 Гэв больше, чем при 40 Гэв.

2. Вероятность захвата π - мезонов ядрами углерода при энергии 5 Гэв больше чем при 40 Гэв.

Для изучения углового и импульсного распределения вторичных протонов и корреляции пар протонов нами было измерено 170 случаев на микроскопе УИМ-21 и на полуавтомате ПИК-1.

На рис. 12 показано распределение по $\tan \alpha$, где $\tan \alpha$ - тангенс угла между направлением трека в точке взаимодействия и плоскостью XOY.

Из рис. 12 видно, что протоны генерируемые в взаимодействиях распределены по $\tan \alpha$ ^{симметрично} изотропно.

На рис. 13 показано импульсное распределение протонов, образуемое в π с взаимодействиях.

Ввиду недостаточности статистики, мы ^{не} могли увидеть корреляцию пар протонов, которая была изучена в работе / 2 /.

В настоящее время в лаборатории множественных процессов ФТИ АН УэССР продолжается набор статистики.

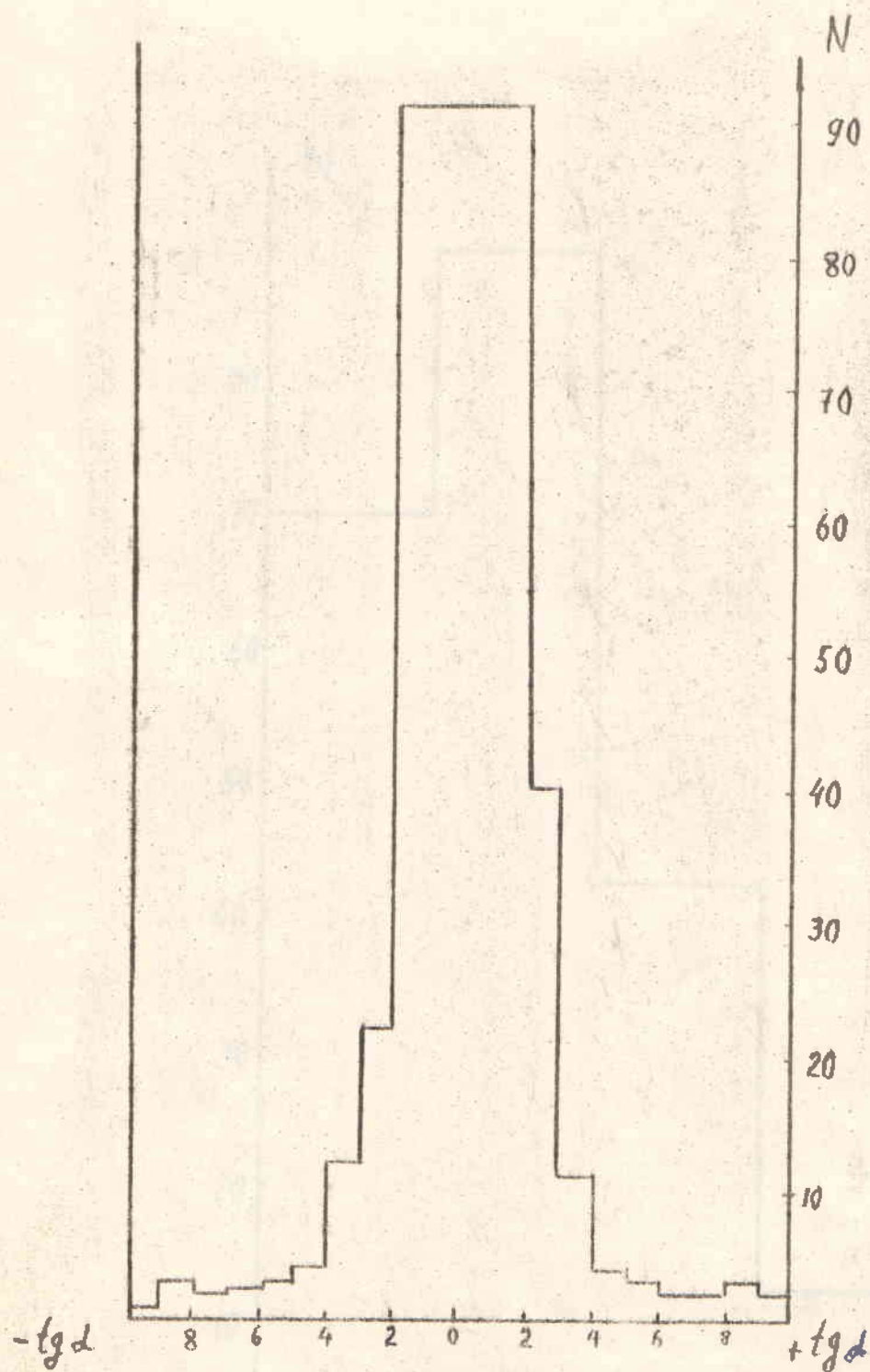


Рис. 12. Распределение черных следов по $\tan \alpha$

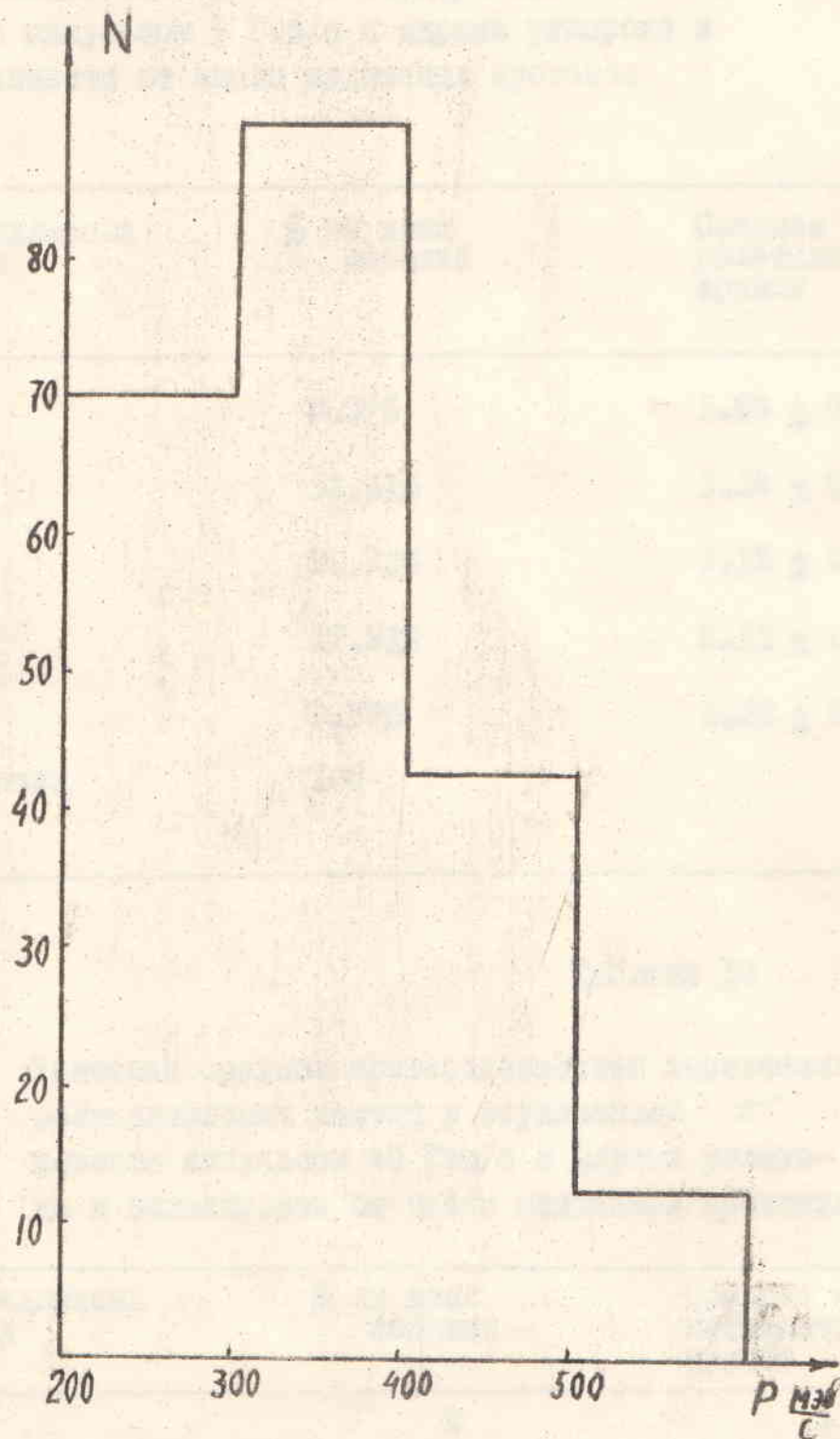


Рис. 13. Импульсное распределение черных следов.

Таблица 9

Значения средних множественностей заряженных релятивистских частиц в соударениях π^- мезонов импульсом 5 Гэв/с с ядрами углерода в зависимости от числа медленных протонов

Число медленных протонов	% от всех событий	Среднее число релятивистских треков
0	9.37%	3.84 ± 0.30
1	32.61%	3.24 ± 0.13
2	30.72%	3.25 ± 0.14
3	17.91%	3.31 ± 0.18
4	9.37%	3.28 ± 0.25
Все события	100	

Таблица 10

Значения средних множественностей заряженных релятивистских частиц в соударениях π^- мезонов импульсом 40 Гэв/с с ядрами углерода в зависимости от числа медленных протонов.

Число медленных протонов	% от всех событий	Среднее число релятивистских треков
1	2	3
0	55.7	6.02 ± 0.05

I	2	3
I	25.2%	6,87 ± 0.09
2	12.0%	7.58 ± 0.12
3	5.0%	7.83 ± 0.19
4	2.1%	7.44 ± 0.29
	100	

Таблица II

Среднее число γ - квантов на одно
событие в π^0 - взаимодействиях

Число медленных протонов	% от всех событий	Среднее число квантов
0	13.14%	0.30 ± 0.02
1	33.24%	0.21 ± 0.01
2	31.44%	0.22 ± 0.01
3	14.69%	0.18 ± 0.01
4	1.47%	0.17 ± 0.01
Все события	100	

Таблица I2

Среднее число γ^0 -частиц на одно
событие в π^0 -взаимодействиях

Число медленных протонов	% от всех событий	Среднее число γ^0 -частиц
0	20.28%	0.0828 $\pm$ 0.0064
1	39.33%	0.0891 $\pm$ 0.0016
2	31.88%	0.0897 $\pm$ 0.0017
3	8.69%	0.0186 $\pm$ 0.001
4	10.14%	0.0414 $\pm$ 0.0032
Все события	100	

ВЫВОДЫ

В результате дважды проведенного просмотра около 3000 кадров пленки с метровой пропановой пузырьковой камеры ДВЭ ОИЯИ облученного π -мезонами с импульсом 5 Гэв/с можно сделать следующие выводы:

1. Средняя множественность полученная для π^+p , π^-p и π^+c событий оказалась равной (2.89 ± 0.06) , (2.76 ± 0.13) , (4.22 ± 0.09) .

2. Среднее число γ -квантов и V^0 -частиц для π^+p , π^-p и π^+c событий оказалась в пределах ошибок равным. Это показывает, что γ -кванты и V^0 -частицы образуются в первичном акте взаимодействия.

3. Среди отобранных 3-х лучевых π^+c -взаимодействий обнаружено заметная доля (71) когерентных взаимодействий π^- мезонов с ядрами углерода.

4. Средняя множественность релятивистских треков для π^+c событий оказалось равной

$$\bar{n}_{rel} = 3.31 \pm 0.07$$

5. Средняя множественность медленных протонов для π^+c -событий оказалось равной

$$\bar{n}_p = 1.27 \pm 0.02$$

6. Отсутствует зависимость среднего числа релятивистских частиц от числа медленных протонов.

В заключение дипломант считает своим принятым долгом выразить искреннюю благодарность научному руководителю К.Р. Игамбердиеву, чью помощь в работе трудно переоце-

нить, заведующему лабораторией множественных процессов кандидату физ.мат.наук А.А.Юлдашеву за постоянное внимание и интерес к работе, С.Дутвуллаеву за помощь в работе и участие в обсуждении результатов.

Дипломант благодарен всему коллективу сотрудников лаборатории множественных процессов, принимавших участие в просмотре и намерениях.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.С.Барашников. "Сечения взаимодействия элементарных частиц".
2. АН.УзССР ИЯФ "Взаимодействия частиц высокой энергии
сборник статей с нуклонами и ядрами".
3. Ю.А.Будагов и др. Препринт ОИЯИ, РИ-4610, 1969 г.
4. A. Citron, W. Galbraith and etc. *Phys. Rev.*, 144, 1101 (1966)
5. Б.Н.Банник, Препринт ОИЯИ, I-3096, 1966 г.
А.А.Кузнецов, ДАН СССР, 1953 г. 93, 43
Н.Н.Мельникова,
Б.Чадра
6. Фрейнберг Б.Л.
7. Feinberg E.L., Pomezanichuk J. *Nuovo Cim.* 1956, 3
8. Good M.L., Walker W.D. *Phys. Rev.*, 1960, 120, 1855
9. Good M.L., Walker W.D. *Phys. Rev.*, 1960, 120, 1857
10. В.С. Кладницкий,
В.Б.Флягин ПТЭ, I (1965)
11. А.В.Бошмолов и др. ПТЭ, I (1964)
12. Ю.А.Будаков и др. Препринт ОИЯИ 2518, 1965.
13. Б.Словинский Препринт ОИЯИ Р-I-6557, 1972.
З.Стругальский
14. Allard J.F. et all. *Phys Lett.*, 1965, 19, 431
15. Bellin G. et all. *Nuovo Cim.* 1965, 401A, 948
16. Вишневский В.Ф. Препринт ОИЯИ, РИ-3169, 1967
и др.

17. Siemiazczuk T., Zeelinski P. *Phys. Lett.*, 1967, 24B, 113
18. M. J. Longo. B. J. Moyez. *Phys. Rev. Lett.*, 9, 466 (1962)
19. В.Л. Банник и др. *ИЭФ*, 41, 1394 (1991)
20. Н.М. Когарян и др. *ЖЭФ*, 35, 1335 (1958)
21. Ван Ган-чан, Н.И. Соловьев, *ИТЭ*, 1, 4 (1959)
22. Н.Ф. Маркова и др. "Программа геометрической реконструкции для больших пузырьковых камер"
"I-6"
23. J. Dezado and etc. *Phys Rev* 118, 349, 1960
24. Г.И. Мерзон, Л.П. Котенко, *ИЭФ*, 45, 18, 1963.
25. C. grate and etc. *Nuch. Phys* 34, 615, 1962
26. R. Flenty and etc *Proc of the 11 th Intern
Conf of High Energy CERN 1962*
27. В.С. Бараменков и др. *Препринт ОИЯИ Р-1577*, 1964.
28. S. J. Coldsack and etc. *Nuovo Cim* 23, 941. 1962
29. F. R. Uzzten and etc *Nuovo Cim* 33.1. 1964
30. Alma - ata - Budapest - - - - - *Moscent. Collab. Report 1970*
31. *Препринт Р1-6277, ОИЯИ, 1972.*

