

20/111-70

A-669

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P1 - 5072



ЛАБОРАТОРИЯ
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

З.В. Анзон, А.Х. Виноцкий, В.Г. Воинов, И.С. Стрельцов, Ж.С. Такибаев, И.Я. Часников, Ц.И. Шахова (Институт ядерной физики АН Казахской ССР, Алма-Ата), Г. Бозоки, Е. Гомбоши, Е. Надь (Центральный исследовательский институт физики, ВНР, Будапешт), Н. Далхажав, К.Д. Толстов, Р. Хошмухамедов*, Г.С. Шабратова (Лаборатория высоких энергий ОИЯИ, Дубна), И. Бабецкий, В. Вольтер, Е. Герула, М. Менсович, Г. Новак, К. Рыбицки, В. Фурманьска, Р. Холыньски, З. Чаховска, О. Чижевский, А. Шрек (Институт ядерной физики, ПНР, Краков), Н.В. Масленникова, Г.В. Жданов, М.И. Третьякова, М.М. Чернявский (ФИАН СССР, Москва), К.И. Алексеева (НИИЯФ МГУ, Москва), Х. Чернев, П.Т. Тодоров (Институт ядерной физики АН НРБ, София), С.А. Азимов, У.Г. Гулямов, И.В. Рещицкий, Е.А. Тиль (Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент), Ц. Баатар, Д. Тувдэндорж, В. Чадраа, Г. Шархуу (Институт физики и математики АН МНР, Улан-Батор)

ПИОН-НУКЛОННЫЕ
И КОГЕРЕНТНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ π^- -МЕЗОНОВ
В ФОТОЭМУЛЬСИИ ПРИ ИМПУЛЬСАХ 45 И 60 ГЭВ/С

1970

З.В. Анзон, А.Х. Виницкий, В.Г. Войнов, И.С. Стрельцов, Ж.С. Такибаев, И.Я. Часников, Ц.И. Шахова (Институт ядерной физики АН Казахской ССР, Алма-Ата), Г. Бозоки, Е. Гомбоши, Е. Надь (Центральный исследовательский институт физики, ВНР, Будапешт), Н. Далхажав, К.Д. Толстов, Р. Хошмухамедов*, Г.С. Шабратова (Лаборатория высоких энергий ОИЯИ, Дубна), И. Бабецкий, В. Вольтер, Е. Геруля, М. Менсович, Г. Новак, К. Рыбицки, В. Фурманьска, Р. Хольньски, З. Чаховска, О. Чижевский, А. Юрек (Институт ядерной физики, ПНР, Краков), Н.В. Масленникова, Г.Б. Жданов, М.И. Третьякова, М.М. Чернявский (ФИАН СССР, Москва), К.И. Алексееза (НИИЯФ МГУ, Москва), Х. Чернев, П.Т. Тодоров (Институт ядерной физики АН НРБ, София), С.А. Азимов, У.Г. Гулямов, И.В. Речицкий, Е.А. Тиль (Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент), Ц. Баатар, Д. Тувдендорж, Б. Чадраа, Г. Шархуу (Институт физики и математики АН МНР, Улан-Батор)

8414/2
 ПИОН-НУКЛОННЫЕ
 И КОГЕРЕНТНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ π^- -МЕЗОНОВ
 В ФСТОЭМУЛЬСИИ ПРИ ИМПУЛЬСАХ 45 И 60 ГЭВ/С

* Сотрудник Физико-технического института, Душанбе, СССР.

В сообщении рассмотрены общие характеристики пион-нуклонных и когерентных взаимодействий π^- -мезонов с импульсами 45 и 60 Гэв/с на ядрах фотоэмульсии. В качестве приложения приведены первичные экспериментальные данные по углам вылета частиц для всех индивидуальных π^-N взаимодействий.

Предварительные результаты работы доложены в 1969 г. на Международной конференции по элементарным частицам в Лунде^{1/}, на Международной конференции по космическим лучам в Будапеште^{2/} и на Всесоюзной конференции по космическим лучам в Ленинграде^{3/}, краткое содержание работы (2 статьи) опубликовано в "Physics Letters" / 4-5/.

I. Описание эксперимента

Несколько стопок фотоэмульсий типа НИИХИМФОТО БР-2 было облучено π^- -мезонами с импульсом (60 ± 1) Гэв/с на ускорителе в Серпухове. Примесь μ^- -мезонов и электронов в пучке составляла около 3%, K^- -мезонов - меньше 1%. Каждая стопка состояла из 100 слоев размерами 20 см x 10 см x 0,06 см.

Примерно в таких же условиях были облучены стопки эмульсии π^- -мезонами с импульсом 45 Гэв/с, однако полученная при этом статистика примерно в 6 раз меньше. Слои были проявлены в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ. Чувствительность слоев составляла 25 + 30 блобов на 100 мк, слои имели, как правило, малые искажения.

Поиск ядерных взаимодействий велся по следу с началом просмотра в 1,5 см от края сля, через который входил пучок π^- -мезонов. Из всех звезд, найденных по следу, в дальнейшем исключались:

- 1) звезды с одной релятивистской частицей при угле отклонения от первичной меньше 10 мрад (считалось, что эти события являются упругими на ядре либо нуклоне),
- 2) процессы с испусканием δ -электрона,
- 3) случаи электромагнитного образования электронной пары частицей первичного пучка.

Просмотр вдоль следа велся на микроскопах типа МБИ-9. Измерение углов вторичных частиц относительно первичной частицы проводилось на микроскопах KSM-I Цейсса, либо на полуавтоматических микроскопах типа МИРЭ-1, МИРЭ-2.

II. Средний пробег для неупругого взаимодействия на ядрах фотоэмульсии

Данные о полной длине просмотренных следов, числе неупругих взаимодействий и среднем пробеге неупругого взаимодействия $\lambda_{\text{неупр.}}$ (с поправкой на примесь μ и e^-) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Импульс первичной частицы	60 Гэв/с	45 Гэв/с
Полная длина (м)	3147	512
Число взаимодействий	7012	1196
$\lambda_{\text{неупр.}}$ (см)	$43,7 \pm 0,6$	$41,3 \pm 1,3$

Ошибка в $\lambda_{\text{неупр.}}$ приведена только статистическая, дополнительная систематическая ошибка может быть того же порядка. Сравнение наших результатов с $\lambda_{\text{неупр.}} = (40,4 \pm 1,0)$ см при импульсе 16 Гэв/с показывает, что существенного изменения пробега взаимодействия π^- -мезонов в интервале импульсов от 16 до 60 Гэв/с не наблюдается.

III. Общие характеристики пион-нуклонных взаимодействий

Взаимодействия со свободными или квазисвободными нуклонами отбирались по следующим критериям:

1. Наличие не более одной медленной частицы ("черный", либо "серый" след), летящей в переднюю полусферу в лабораторной системе.
2. Отсутствие видимых ядер отдачи.
3. Отсутствие электронов для событий с чётным числом заряженных частиц.

Число событий, отобранных по этим критериям, приведено в табл. 2. Они составляют около 19% от всех взаимодействий в фотоэмульсии.

События с чётным числом заряженных частиц отнесены к $\pi^- - P$ взаимодействиям (около 40% из них соответствуют взаимодействиям пиона со свободными протонами в водороде эмульсии), с нечётным числом — к $\pi^- - n$, среди которых содержатся взаимодействия с квазисвободными нейтронами, а также некоторая примесь когерентных взаимодействий на ядрах эмульсии (см. раздел IV).

Множественность

Распределения по числу заряженных частиц $n = N_h + n_s$, где N_h — число медленных частиц (для $\pi^- - N$ взаимодействий $N_h \leq 1$), n_s — число релятивистских частиц, приведено на рис. 1. Пунктиром показаны "чистые" события, т.е. такие, для которых $N_h = 0$ и отсутствует электрон для $\pi^- - n$ взаимодействий. Из рисунка виден заметный избыток "чистых" событий при $n=3$, которые трактуются нами как случаи когерентного рождения частиц на ядрах (см. раздел IV).

На рис. 2 приведены распределения по множественности $\pi^- - P$ взаимодействий при импульсах 60 и 45 Гэв/с, а также для сравнения — $\pi^- - P$ взаимодействий при импульсе 25 Гэв/с, полученные с помощью водородной пузырьковой камеры/6/.

В табл. 2 даны средние значения \bar{n} для $\pi^- - P$, а также для $\pi^- - n$ взаимодействий (без поправки и с поправкой на когерентные взаимодействия).

Таблица 2

Импульс первичной частицы	60 Гэв/с	45 Гэв/с	25 Гэв/с	
Число π^- -N взаимодействий	1332	233	-	
\bar{n} для π^- -n	без поправки	5,41±0,12	4,90±0,23	
	с поправкой	6,24±0,15	5,23±0,27	
π^- -P	\bar{n}	6,64±0,16	6,10±0,28	4,87±0,07
	$\bar{n}/\sigma(n)$	2,12±0,10	2,20±0,16	2,30±0,09

В табл. 2 показаны только статистические ошибки, систематические - примерно той же величины.

Так как большинство π^- -N событий происходит на связанных нуклонах, то возможно, что величина \bar{n} несколько завышена. Однако, как видно из рис. 2, распределения по \bar{n} для различных начальных импульсов - одного характера, что следует также из постоянства величины $\bar{n}/\sigma(n)$, где $\sigma(n)$ - дисперсия распределения по n при различных импульсах (см. табл. 2).

На рис. 3 даны значения \bar{n} для π^- -P взаимодействий, полученные с помощью ядерных фотоэмульсий при энергиях 45 и 60 Гэв, а также с помощью пузырьковых водородных камер при более низких энергиях π^- -мезонов (E_0)/6-11'. Наши результаты соответствуют зависимости $\bar{n} = E_0^{0,35}$, но так как \bar{n} может быть несколько завышено, то логарифмическая зависимость от E_0 не может быть исключена.

Угловые распределения вторичных частиц

Угловые распределения вторичных релятивистских частиц в шкале $\lg \lg \theta$ для различных множественностей n приведены на рис. 4а и 4б при импульсах 60 и 45 Гэв/с соответственно.

На рис. 5а и 5б показаны угловые распределения для различных множественностей отдельно для π^- -P и π^- -n взаимодействий при начальном импульсе 60 Гэв/с.

На рис. 6а и 6б даны угловые распределения в системе центра масс^{х/} для $\pi^- - P$ и $\pi^- - n$ взаимодействий при импульсе 60 Гэв/с, на рис. 7 - аналогичные распределения (для различных групп по множественности) при начальном импульсе 45 Гэв/с.

Как видно из вышеприведенных рисунков, в $\pi^- - N$ взаимодействиях наблюдается заметная асимметрия вылета релятивистских частиц вперед в системе центра масс $\pi^- - N$, причем по мере увеличения множественности степень асимметрии уменьшается. Для $n \geq 9$ или $n \geq 13$ угловые распределения становятся почти симметричными в первом случае при $P = 45$ Гэв/с, во втором - при $P = 60$ Гэв/с, т.е. с увеличением первичной энергии асимметрия вылета частиц вперед наблюдается при больших множественностях. В $\pi^- - N$ взаимодействиях с импульсом 17 Гэв/с асимметрия вылета релятивистских частиц вперед наблюдается только при множественностях примерно $n \leq 5$.

Первичные данные по углам вылета вторичных релятивистских частиц, а в большинстве случаев и "серых" следов для всех $\pi^- - N$ взаимодействий при импульсе 60 Гэв/с приведены в приложении.

Чтобы судить об асимметрии вылета вторичных частиц в индивидуальных случаях, на рис. 8 для событий с $n \geq 4$ представлено распределение по величинам $\lg \frac{\gamma'_s}{\gamma_c}$, где

$$- \lg \gamma'_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg \lg \theta_{i \perp}$$

(суммирование по всем релятивистским частицам при исключении одной из них, вылетающей под углом $\theta_{i \perp} \leq 2^0$ в лабораторной системе), а γ_c - лоренц-фактор системы центра масс $\pi^- - N$. Из рис. 8 следует, что доля событий, асимметричных вперед, для $n = 4-8$ составляет $\approx 44\%$, в то время как для $n \geq 9 \approx 29\%$.

^{х/} Переход в с.ц.м. осуществлялся в предположении, что $\langle P_{\perp} \rangle = 0,3$ Гэв/с.

Существенной особенностью угловых распределений, обладающих большой дисперсией, является их "двугорбый" характер (см. рис. 9^{х/}, где представлены угловые распределения для $n = 5-8$ при $\sigma' \geq 0,5$, σ' - дисперсия индивидуальных угловых распределений при исключении одной частицы с минимальным углом $\leq 2^0$. Вероятность чисто статистического происхождения "провала" между горбами $P(\chi^2) = 10^{-3}$.

Доля событий с $\sigma' \geq 0,5$ среди взаимодействий с $n = 5-8$ составляет $\approx 25\%$, а относительно полного числа взаимодействий - около 15% .

*Замечания о медленных протонах отдачи
(при первичном импульсе 60 Гэв/с)*

Среди $\pi^- - N$ взаимодействий имеются случаи с одним "черным" или "серым" следом, которые в большинстве случаев являются протонами.

Среднее число таких следов на звезду составляет $0,31 \pm 0,01$ и $0,20 \pm 0,01$ для $\pi^- - P$ и $\pi^- - n$ взаимодействий соответственно, причем среднее число "серых" равно $0,20 \pm 0,01$ и $0,11 \pm 0,01$ для $\pi^- - P$ и $\pi^- - n$ соответственно. Если "серые" и "черные" следы являются следами протонов отдачи (при этом $0,03 \text{ Гэв} < E_p \leq 0,4 \text{ Гэв}$ для "серых" и $E_p \leq 0,03 \text{ Гэв}$ для "черных", то среднее их число на звезду в $\pi^- - n$ взаимодействиях $\approx 1,5$ раза меньше, чем в $\pi^- - P$, что указывает на малую вероятность неупругой перезарядки ($< 0,5$) для событий с медленным нуклоном отдачи, т.е. при передачах четырехмерного импульса $-t \leq 0,8 \text{ (Гэв/с)}^2$.

IV. Когерентная генерация частиц π^- - мезонами с импульсом 45 и 60 Гэв/с на ядрах фотоэмульсии

1. При энергиях ядерно-активных частиц $E_0 > 10^9$ эв, когда длина волны частицы мала по сравнению с размерами ядра, возникают условия когерентной генерации новых частиц.

Существование такого неупругого процесса предсказано в работе Померанчука и Фейнберга в 1953 г./12/.

^{х/} Данное распределение построено по 380 взаимодействиям, что составляет около 70% от полного числа $\pi^- - N$ взаимодействий при $n = 5-8$.

Реакция носит пороговый характер. Когерентные дифракционные неупругие взаимодействия характеризуются очень узким угловым распределением вторичных частиц, отсутствием возбуждения ядра и сохранением квантовых чисел начальной и конечной систем. Число вторичных частиц при этом должно быть нечётным.

При взаимодействии π^- -мезонов возможны следующие когерентные реакции (подробнее см. Veillet /13/):

$$\pi^- + A \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^- + A, \quad (1)$$

$$\pi^- + A \rightarrow \pi^- \pi^0 \pi^0 + A, \quad (2)$$

$$\pi^- + A \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- + A, \quad (3)$$

$$\pi^- + A \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^0 \pi^0 + A \quad (4)$$

и т.д., где A - атомное число ядра мишени.

Реакция (1) изучена наиболее подробно при ускорительных энергиях (вплоть до энергии 17 Гэв), получены также некоторые данные в результате исследования космических лучей - при энергии ≈ 200 Гэв.

Найдено, в частности, что сечение реакции (1) растет с увеличением начальной энергии.

Распределение по множественности

Из распределений по множественности (см. рис. 1) виден заметный избыток звезд с числом лучей $n = 3$, причем этот избыток связан с т.н. "чистыми" событиями, т.е. с событиями $N_h = 0$, без электрона, без ядра отдачи, с событиями типа $0+0+3P$, которые могут быть связаны с когерентными взаимодействиями реакций (1) и (4). Необходимо отметить, что разрешающая способность ядерных эмульсий позволяет наблюдать очень медленные осколки ($E \approx 0,2$ Мэв для протона и ≈ 1 Мэв для ядра углерода).

Как следует из рис. 1, распределения по множественности становятся сглаженными, если исключить 197 ± 17 и 19 ± 7 "чистых" событий в случае $n = 3$ при 60 и 45 Гэв/с соответственно.

Если эти события отнести к когерентным (реакции (1) и (4)), то тогда пробег для когерентной генерации трех заряженных π -мезонов составит

$$\lambda_{3 \text{ когер.}} = (16,0^{+1,5}_{-1,3}) \text{ м при 60 Гэв/с}$$

и

$$\lambda_{3 \text{ когер.}} = (27,0^{+16,0}_{-7,0}) \text{ м при 45 Гэв/с.}$$

Аналогичным образом определить пробег для когерентной генерации 5π -мезонов не удастся, т.к. максимум в распределении по множественности заряженных частиц лежит в области $n = 5-6$.

Угловые распределения. Трехлучевые события

Необходимое условие для отбора событий когерентной генерации частиц π -мезонами, связанное с малостью передаваемого ядру продольного импульса (см. обзор Фишера/14/), имеет вид:

$$\sum \sin \Theta_i \leq A^{-1/3},$$

что для легких ядер фотоэмульсии дает 0,44, для тяжелых 0,21.

На рис. 10 (а) приведено распределение по $\sum_{i=1}^3 \sin \Theta_i$ для "чистых" трехлучевых звезд, которые могут быть когерентными. Фоном для когерентных событий служат трехлучевые π^- - n взаимодействия без медленного протона отдачи, поэтому величина $\sum_{i=1}^3 \sin \Theta_i$ для фоновых событий может быть получена для:

1) трехлучевых π^- - n звезд с электроном, который возникает в результате возбуждения ядра мишени;

2) четырехлучевых π^- - P случаев при исключении протона отдачи ("серый" либо "черный" след), либо (в случае всех релятивистских) одной частицы под максимальным углом.

События этих двух типов будем называть "грязными" и считать фоном, распределения по $\sum \sin \Theta_i$ для них приведены на рис. 10 б.

Сравнение двух распределений рис. 10 показывает, что для "чистых" событий почти все они сосредоточены в области $\sum_{i=1}^3 \sin \Theta_i \leq 0,3$. Если оба распределения нормировать по области $\sum_{i=1}^3 \sin \Theta_i > 0,3$, то разность в числе событий для $\sum_{i=1}^3 \sin \Theta_i \leq 0,3$ для "чистых" и фона дает (197 ± 16) событий. Если эти события отнести к когерентным (реакции (1) и (4)), то пробег когерентной генерации при 60 Гэв/с $\lambda_3 \text{ когер.} = (16,0_{-1,2}^{+1,4})$ м. При 45 Гэв/с аналогичным образом получено число когерентных событий 18 ± 7 , что соответствует

$$\lambda_3 \text{ когер.} = (28,5_{-7,7}^{+16,4}) \text{ м.}$$

Таким образом, оценки пробега по угловым характеристикам и по распределению по множественности согласуются друг с другом.

При энергии π^- -мезонов ≈ 16 Гэв пробег реакции (1) составил $\lambda_3 \text{ когер.} = (71_{-14}^{+23}) \text{ м} / 15$.

Пятилучевые события

На рис. 11 показано распределение $\sum_{i=1}^5 \sin \Theta_i$ для пятилучевых "чистых" ($0 + 0 + 5p$) и фоновых событий (отбор фоновых аналогичен отбору трехлучевых, см. выше) при импульсе 60 Гэв/с.

Из сравнения этих распределений следует, что число пятилучевых когерентных событий (реакция 3) равно $23,7 \pm 8,1$, что соответствует

$$\lambda_5 \text{ когер.} = (133_{-34}^{+68}) \text{ м при импульсе 45 Гэв/с.}$$

$$\lambda_5 \text{ когер.} = (105_{-41}^{+126}) \text{ м.}$$

Таким образом, пробег когерентной генерации пяти заряженных мезонов (реакция 3) примерно в 8 раз меньше, чем трех (реакции 1 и 4) при начальном импульсе 60 Гэв/с.

При импульсе 13 Гэв/с сечение образования 5 заряженных мезонов примерно в 40 раз меньше, чем 3 заряженных/16/. Необходимо также отметить, что мы должны наблюдать когерентную реакцию (4), т.е. $\pi^- \rightarrow 3\pi^{\pm} 2\pi^0$, более часто, чем $\pi^- \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^-$. Предполагая, что изоспин системы пяти пионов $T = 1$, мы должны ожидать, что реакция $\pi^- \rightarrow 3\pi^{\pm} 2\pi^0$ будет идти в 2,2 раза чаще, чем $\pi^- \rightarrow 5\pi^{\pm}$. Таким образом, мы выяснили, что среди трехлучевых событий должно сохраняться 52 ± 18 случаев реакции (4). Тогда можно оценить число когерентных событий реакции (1) как 145 ± 25 , что соответствует

$$\lambda_{3\pi^{\pm} \text{ когер.}} = (21,7^{+4,5}_{-3,2}) \text{ м.}$$

На данном статистическом материале реакцию $\pi^- + \Lambda \rightarrow 7\pi^{\pm} + \Lambda$ выделить не удается.

Распределение азимутальных углов для трехлучевых событий

На рис. 12 приведено распределение последовательных разностей азимутальных углов ψ для "чистых" событий $0+0+3P$ ^{x/} при 60 Гэв/с. Вероятность того, что данное распределение согласуется с изотропным $P(\chi^2) \ll 10^{-4}$ ($\chi^2 = 160$ при 9 степенях свободы). Таким образом, распределение азимутальных углов подтверждает, что среди событий $0+0+3P$ значительную долю составляют когерентные с образованием трех заряженных π^- -мезонов (реакция 1). (см. подробнее о методе анализа азимутальных углов работу/17/). Если из данного распределения исключить изотропную часть, соответствующую $\pi - \pi$ взаимодействиям, как предложено сотрудниками лаборатории Будапешта (см. пунктирную прямую рис. 12, проведенную по методу наименьших квадратов так, что в пределах $\psi \geq 240^\circ$ она совпадает с экспериментальной гистограммой),

^{x/} Данное распределение построено по 211 "чистым" событиям $0+0+3P$, что соответствует полной длине просмотренных следов (2530 м).

то можно получить пробег для когерентной генерации трех заряженных мезонов (реакция 1)

$$\lambda_{(3\pi^{\pm}) \text{ когер.}} = (20,7^{+3,6}_{-2,6}) \text{ м.}$$

Эта величина хорошо согласуется с полученной выше другим методом.

Замечания по поводу реакций 2 и 4 при 60 Гэв/с

В 130 "чистых" трехлучевых звездах (лаборатории Алма-Аты и ФИАН) были измерены импульсы всех частиц. С учётом импульсных характеристик вторичных частиц на полной длине 1436 м оказалось (77±9) когерентных событий, отнесенных к реакции (1), что соответствует пробегу

$$\lambda_{(3\pi^+) \text{ когер.}} = (18,7^{+2,3}_{-2,0}) \text{ м.}$$

Сравнивая полученный выше пробег с пробегом для реакции (1) и (4) 16 м можно заключить, что реакция (4) составляет 20-30% от реакции (1).

Таким образом, еще один метод определения λ когер. реакции (1) дает величину, хорошо согласующуюся с аналогичной, полученной другими методами.

Когерентная реакция (2) $\pi^- \rightarrow \pi^- 2\pi^0$ наблюдалась при 16 Гэв/с/18/ с сечением несколько меньше, чем реакция (1), и ее исследование намечено.

Зависимость пробега когерентного взаимодействия от энергии

На рис. 13 приведены данные о пробеге когерентной генерации трех и пяти заряженных частиц, полученные в настоящей работе при 60 и 45 Гэв/с, а также данные различных лабораторий при энергии от 7,5 до 200 Гэв (космические лучи), полученные с помощью фотоэмульсий/15,19,20/

Из рис. 13 видно, что с увеличением энергии пробег когерентной генерации частиц падает, а значит, сечение растет, что, по крайней мере частично, может быть объяснено ростом максимальной массы системы, образованной

когерентно ($M^* \approx \sqrt{E_0}$), где M^* - эффективная масса системы, E_0 - первичная энергия). при этом могут появиться новые каналы с тремя и пятью заряженными частицами.

Чтобы по пробегу определить сечение когерентной генерации частиц и в дальнейшем сравнить фотоэмульсионные данные с данными пузырьковых камер с тяжелой жидкостью, необходимо знать зависимость сечения от размера ядра мишени. Точную форму такой зависимости очень трудно рассчитать, так как для этого необходимо знать сечение взаимодействия когерентно образованной системы внутри ядра.

Однако оказывается, что простая зависимость $\sigma_{\text{когер.}} \approx A^{2/3}$ годится для данных пузырьковых камер при 16 Гэв/с/13,16/.

Предполагая такую же зависимость $\sigma_{\text{когер.}}$ от A , мы можем фотоэмульсионные данные для когерентных реакций $\pi^- \rightarrow 3\pi^+$ и $\pi^- \rightarrow 5\pi^+$ представить на одной графике с данными, полученными при помощи пузырьковых камер.

На рис. 14 показана такая зависимость с включением данных, полученных в экспериментах с космическими лучами при энергии ≈ 200 Гэв/19,20/.

Из рис. 14 следует, что с увеличением энергии сечение когерентной генерации $3\pi^+$ и $5\pi^+$ растет.

Авторы выражают свою глубокую благодарность коллективу ускорителя ИФВЭ (Серпухов), научным сотрудникам ИФВЭ С. Денисову, Л. Лансбергу, А. Зайцеву за сотрудничество и помощь в проведении эксперимента по облучению ядерных эмульсий.

Авторы благодарны сотрудникам Лаборатории высоких энергий ОИЯИ за проявление слог, а также всем лаборантам, принявшим участие в поисках звезд и измерениях характеристик ядерных взаимодействий.

Л и т е р а т у р а

1. *Alma-Ata-Cracow-Dubna-Moscow Collaboration, report N97 at the Lund International Conference on Elementary Particles, Lund, 1969.*

2. *Alma-Ata-Cracow-Dubna-Moscow (FIAN and MGU) - Sofia - Tashkent-Ulan Bator Collaboration, paper HE-26 at the XI International Conference on Cosmic Rays, Budapest, 1969.*
3. *Алма-Ата-Краков-Дубна-Москва (ФИАН и МГУ)-София-Ташкент-Улан Батор коллаборация, доклад на Всесоюзной конференции по физике космических лучей. Ленинград, 1969.*
4. *Alma-Ata-Budapest-Cracow-Dubna-Moscow (FIAN and MGU) - Sofia-Tashkent-Ulan Bator Collaboration. Physics Letters, 31B, 237 (1970).*
5. *Alma-Ata-Budapest-Cracow-Dubna-Moscow (FIAN and MGU)-Sofia-Tashkent-Ulan Bator Collaboration. Physics Letters, 31B, 241 (1970).*
6. *I.W. Elbert, A.R. Erwin, S. Mikamo, D. Reeder, Y. Y. Chen, W.D. Walker and A. Weinberg. Topical Conference on High Energy Collisions of Hadrons, CERN, 68-7, Volume II (1968), p. 244.*
7. *Aachen-Berlin-Bonn-CERN-Cracow-Heidelberg-Warsaw Collaboration. Nuclear Physics, B13, 571 (1969).*
8. *O. Czyzewski. Private communication.*
9. *I. Bartke. Nuclear Physics, 82, 673 (1966).*
10. *Н.Г. Биргер, Ван Ган-чан, Ван Цу-чень и др. Препринт ОИЯИ, P-789, Дубна, 1961.*
11. *Aachen-Birmingham-Bonn-Hamburg-London (I.C.) - Munich Collaboration, Nuovo Cimento, 31, 485, 729 (1961).*
12. *И.Я. Померанчук, Е.Л. Фейнберг. ДАН СССР, 93, 439 (1953).*
13. *I.I. Veillet. Topical Conference on High-Energy Collisions of Hadrons. CERN 67-7, 1968, v. 1, p. 537.*
14. *C. Fisher. International School of Elementary Particles, Herzeg Novi, 1965.*

15. A. Caforio, B. Ferraro, S. Semeraro, C.M. Fisher et al. *Nuovo Cimento*, 32, 1471 (1964);
А.Х. Виноцкий, И.С. Стрельцов, Ж.С. Такибаев, И.Я. Часников. *Изв. АН Каз ССР, сер. физ.-мат.*, 2 (1967); С.А. Азимов, Е.В. Бетер, У.Г. Гулямов, Н.Б. Ерошкина, А.Я. Левин. *Ядерная физика*, 2, 1049 (1965);
P.P. Dubey, I.M. Kohli and M.B. Singh. *Proc. of IX Symposium on Cosmic Rays, Elementary Particles Physics and Astrophysics, Bombay, 1965*, p. 591; A.A. Kamal, Y.V. Rao, R. Rao, *Proc. of the Indian Acad. of Science*, 49, 218 (1969).
16. T.E. Huson, H.I. Lubatti, J. Six, I.I. Veillet et al. *Physics Letters*, 28B, 208 (1968).
17. G. Bozoki, E. Gombosi, G. Suranyi. *Acta Physica Hungarica*, 26, 371 (1969).
18. R. Daugas, F.R. Huson, H.I. Lubatti et al. *Physics Letters*, 27B, 332 (1968).
19. I.F. Allard, D. Drijard, I. Hennessy, F.R. Huson et al. *Physics Letters*, 19, 431 (1965).
20. *Institute of Nuclear Physics Report No 694/PH, Krakov, 1969.*

Рукопись поступила в издательский отдел

24 апреля 1970 года.

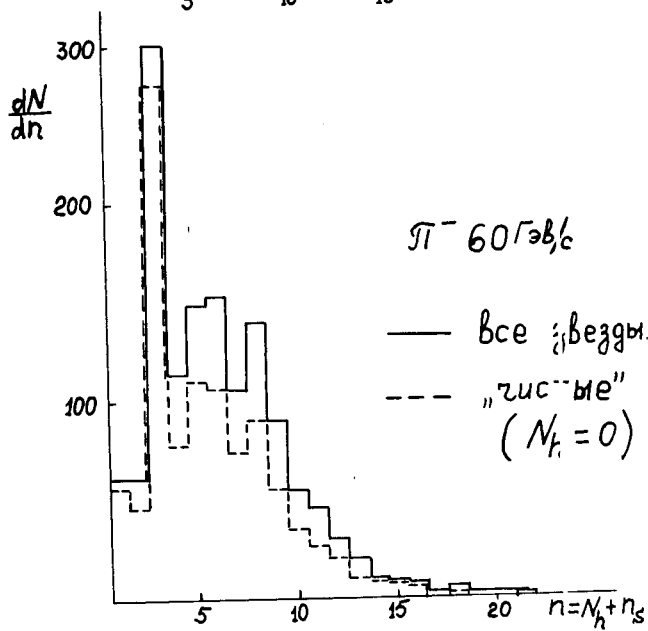
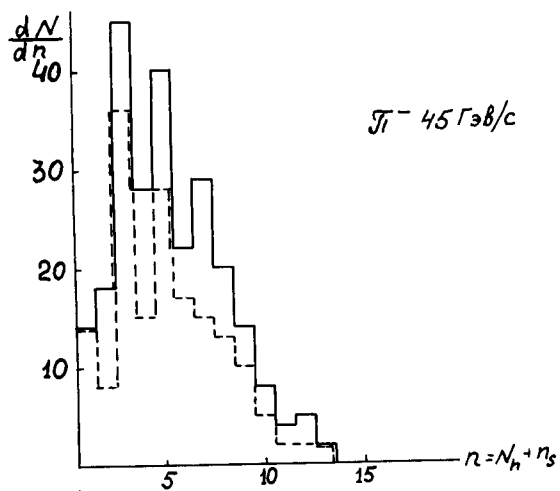
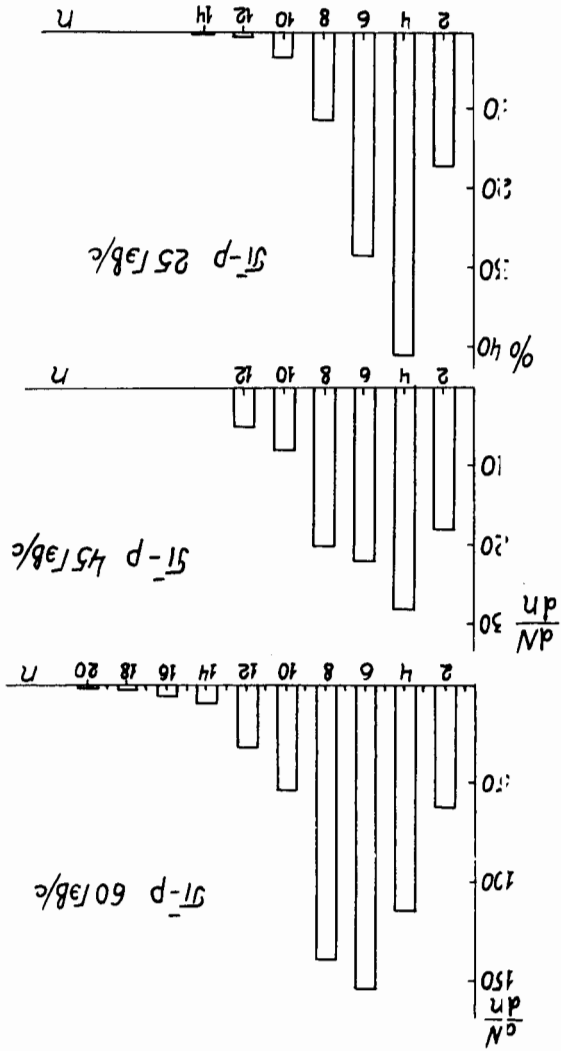


Рис. 1

FIG. 2



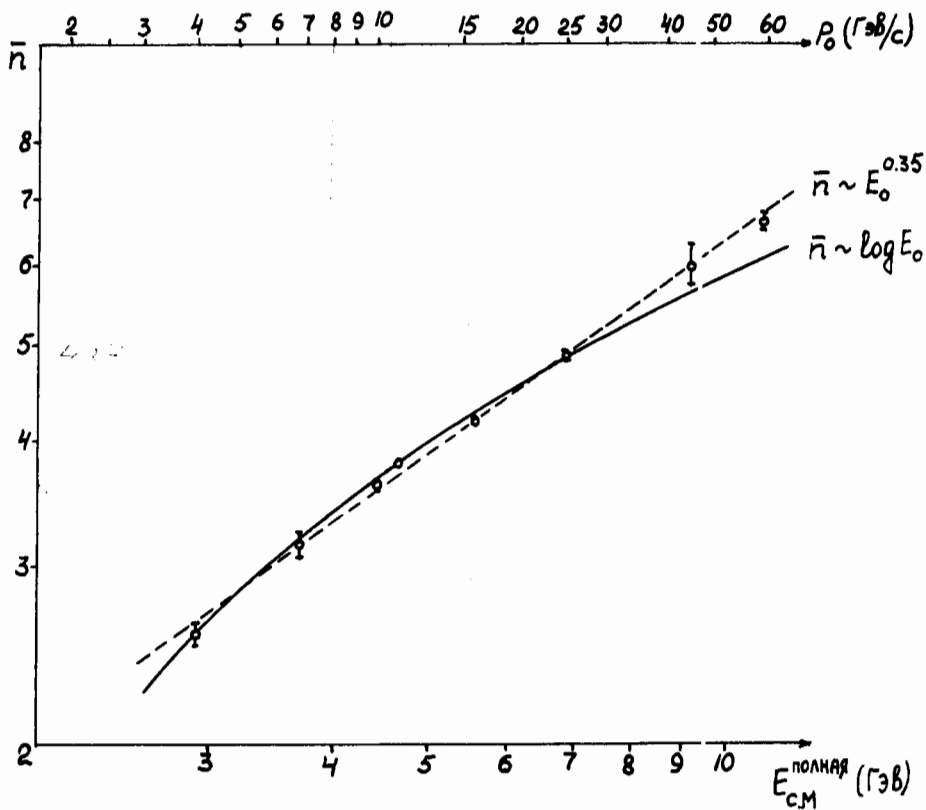


Рис. 3

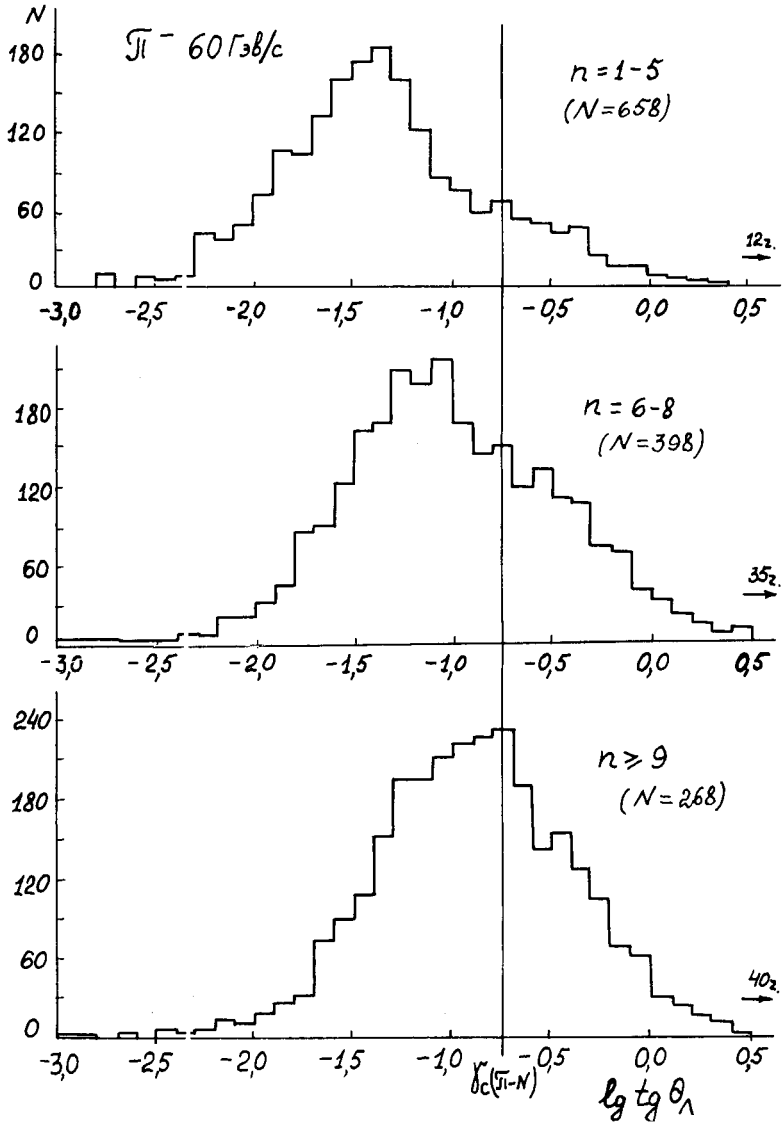


Рис. 4а

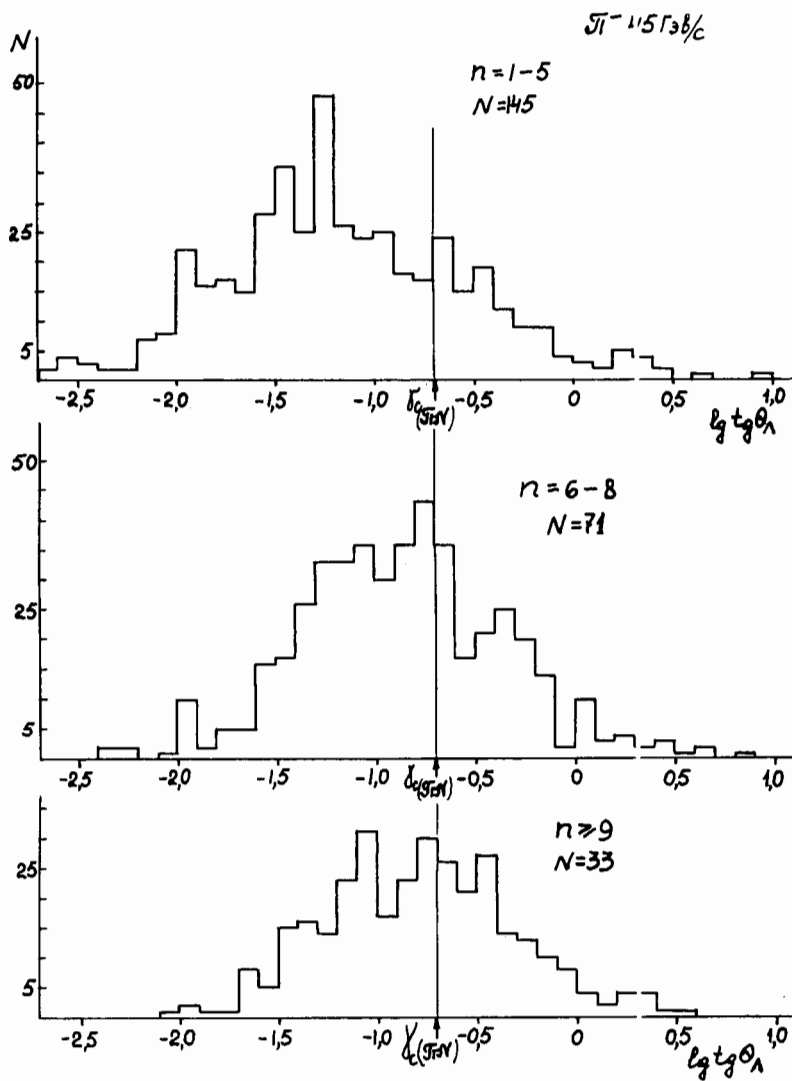
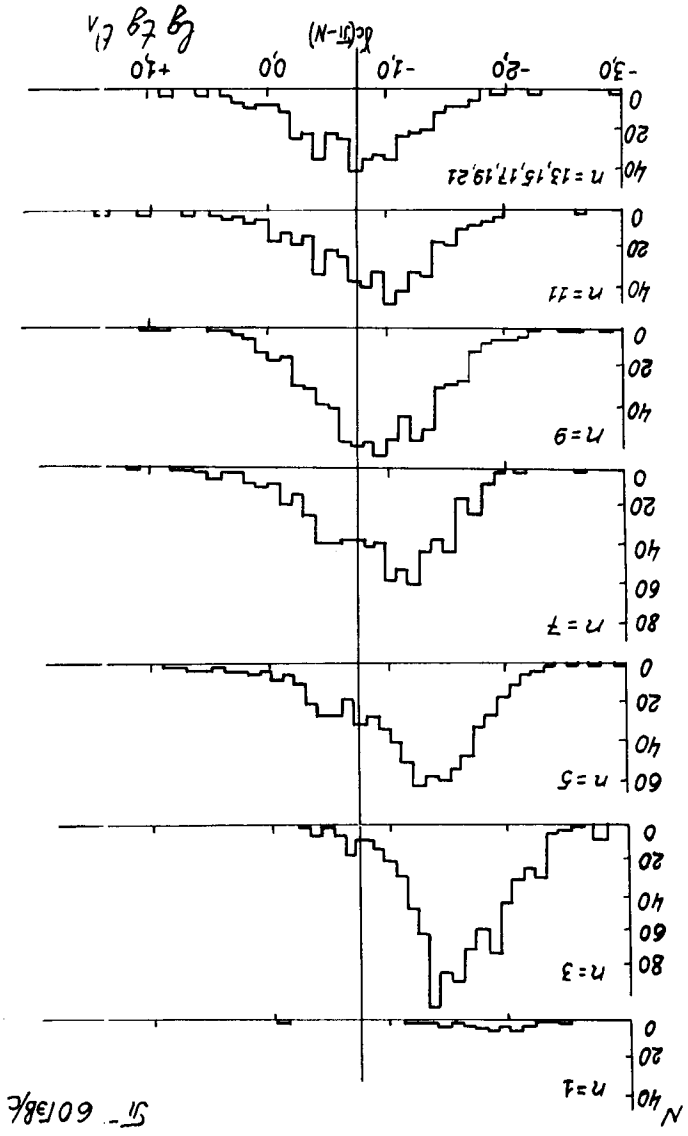


Рис. 46

Pnc. 50



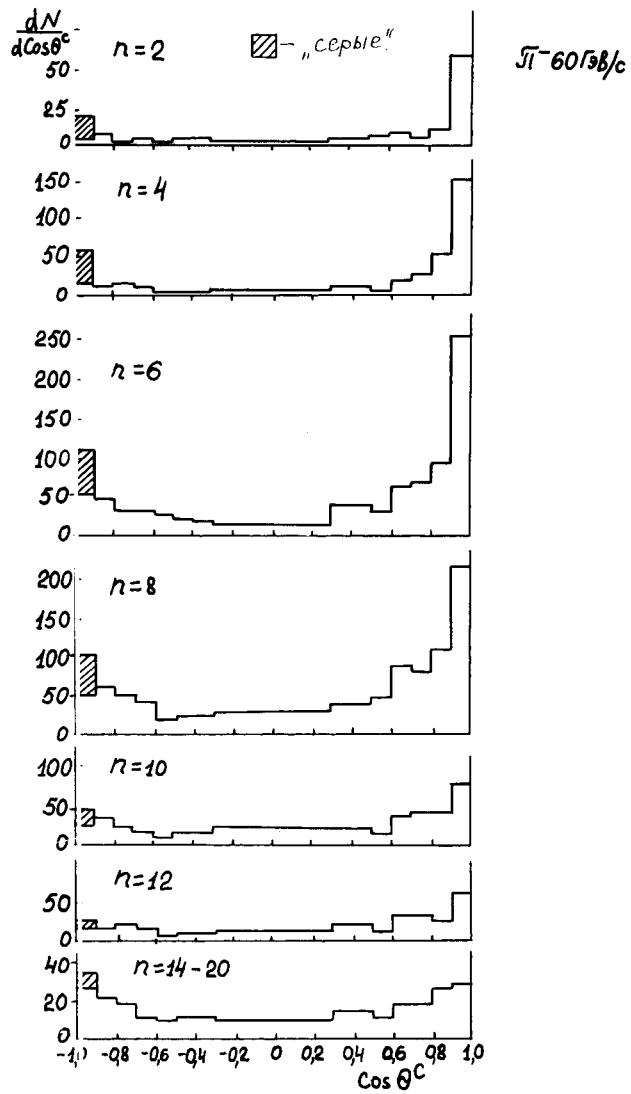


Рис. 6а

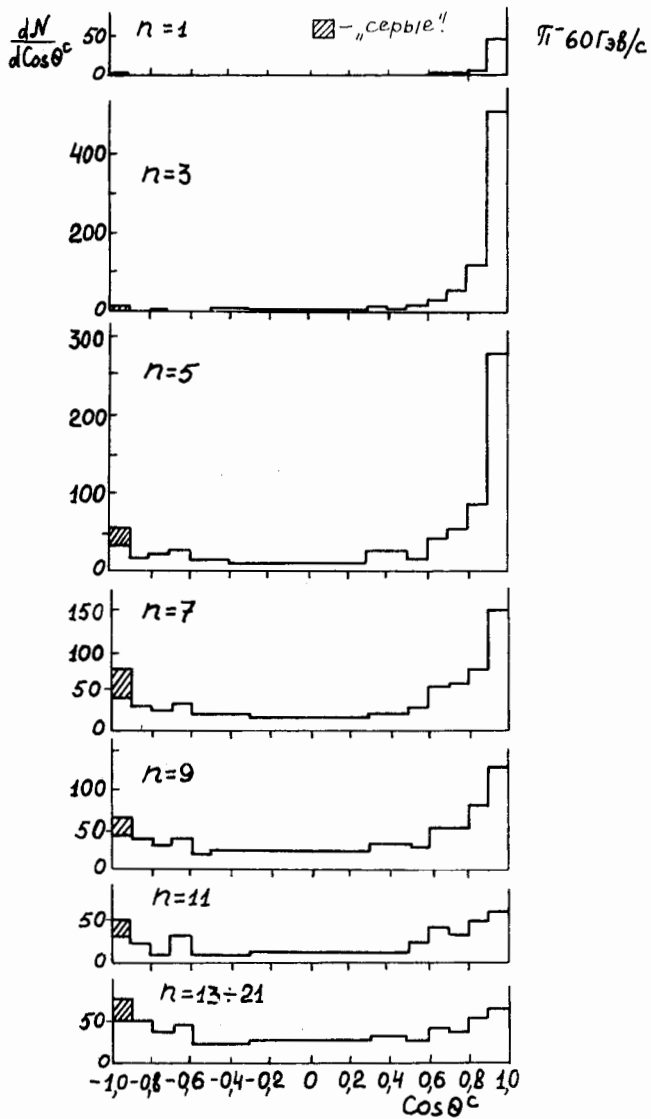


Рис. 60

ЭГ - 45 ГЗБ/с

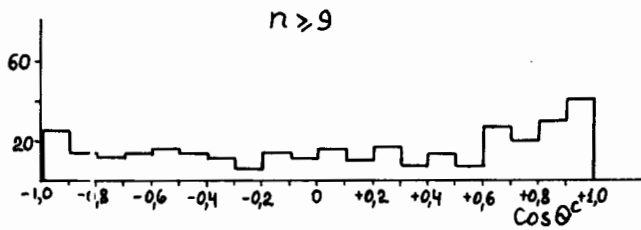
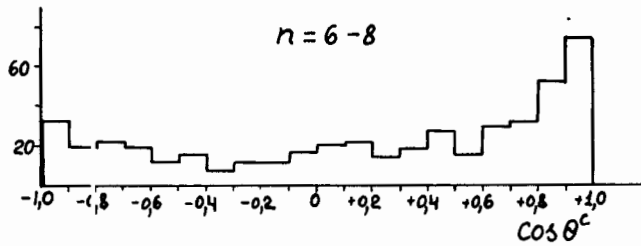
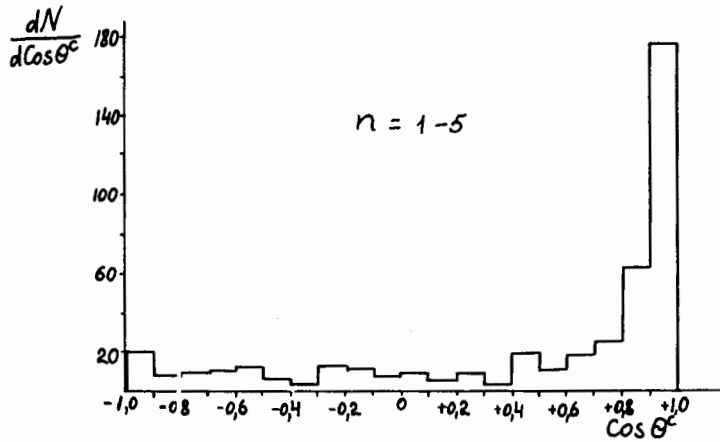


Рис. 7

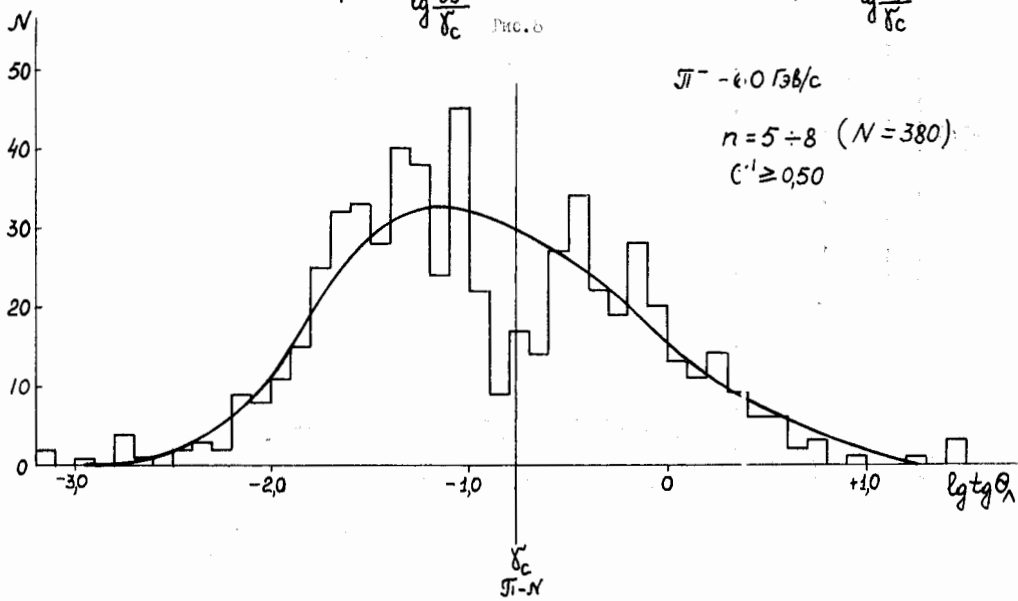
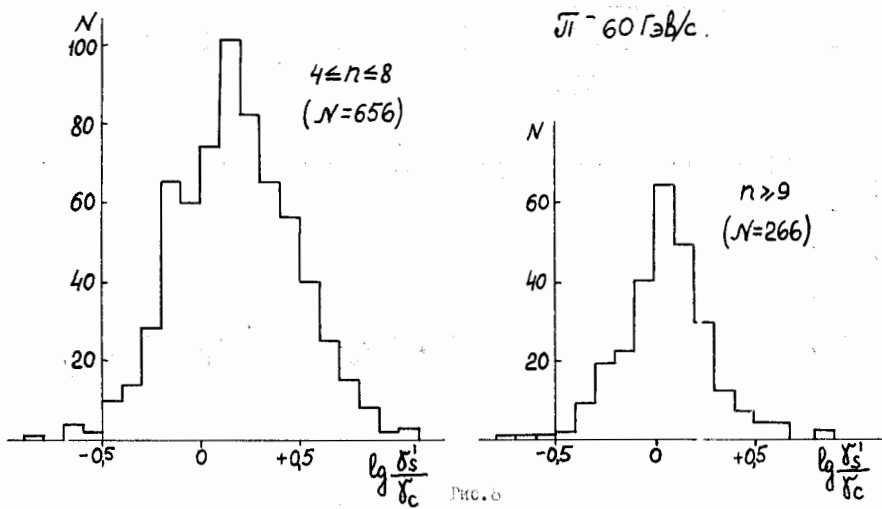


Рис. 9

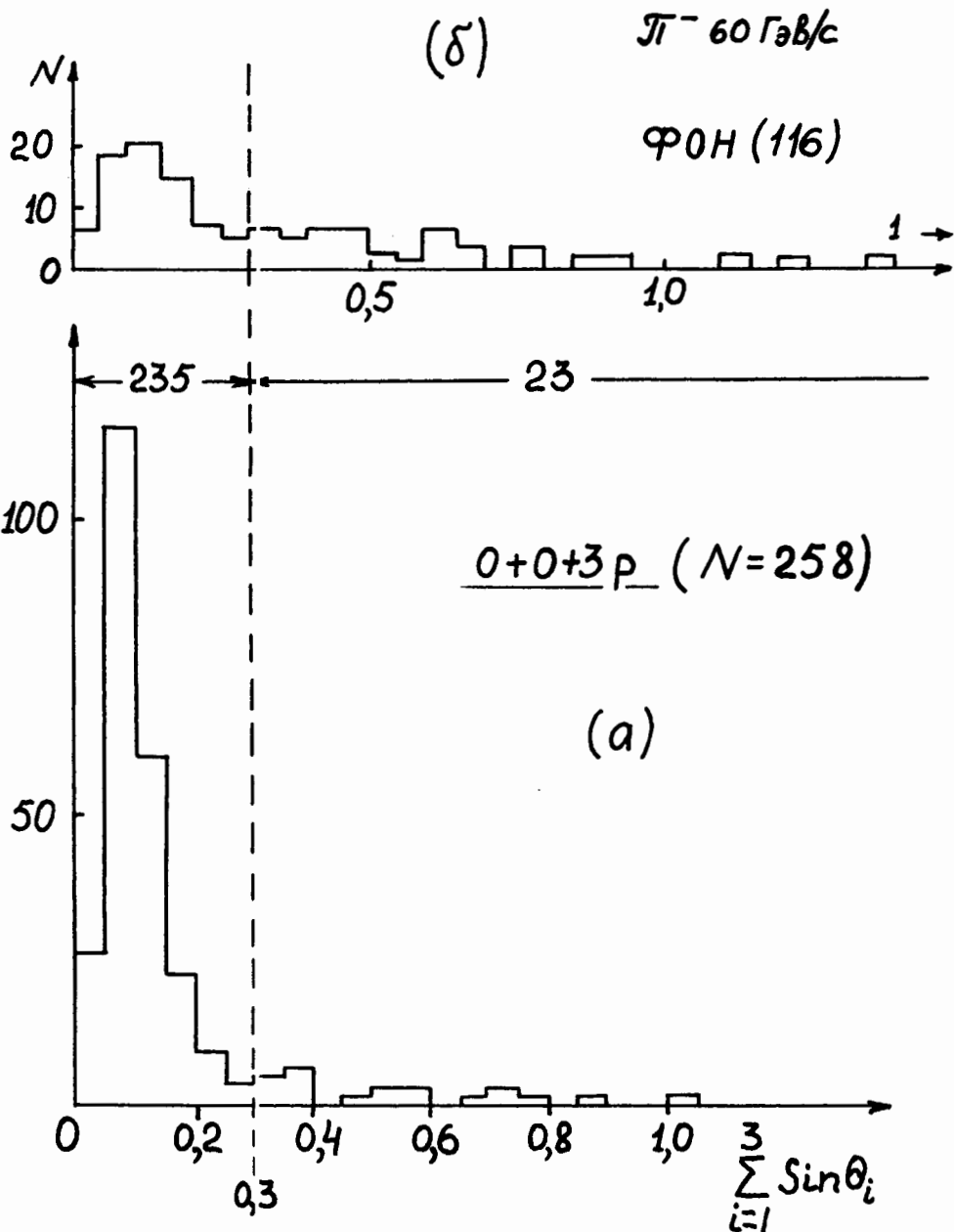


Рис. 10

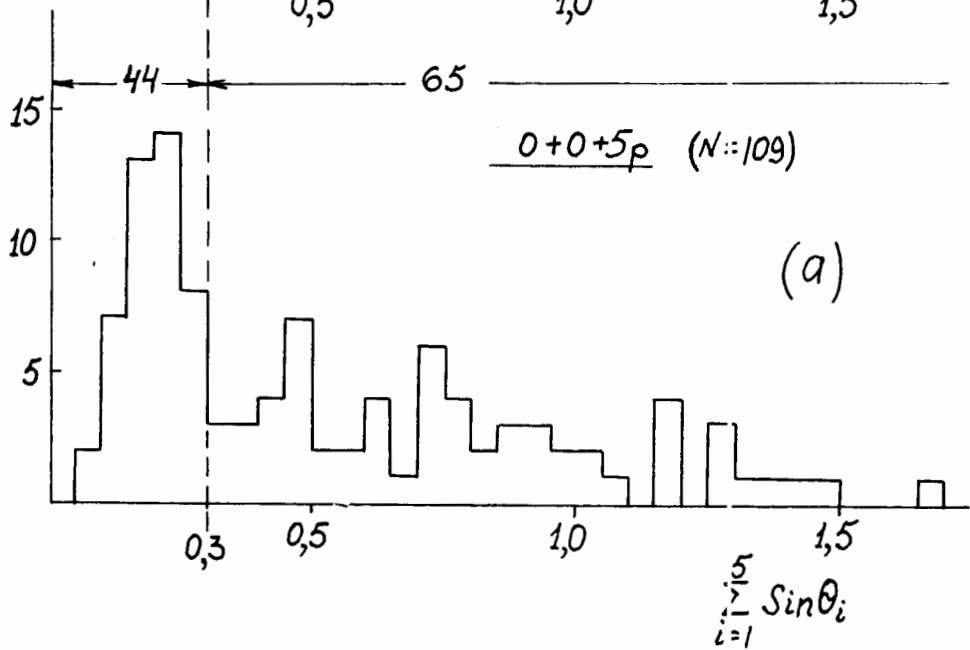
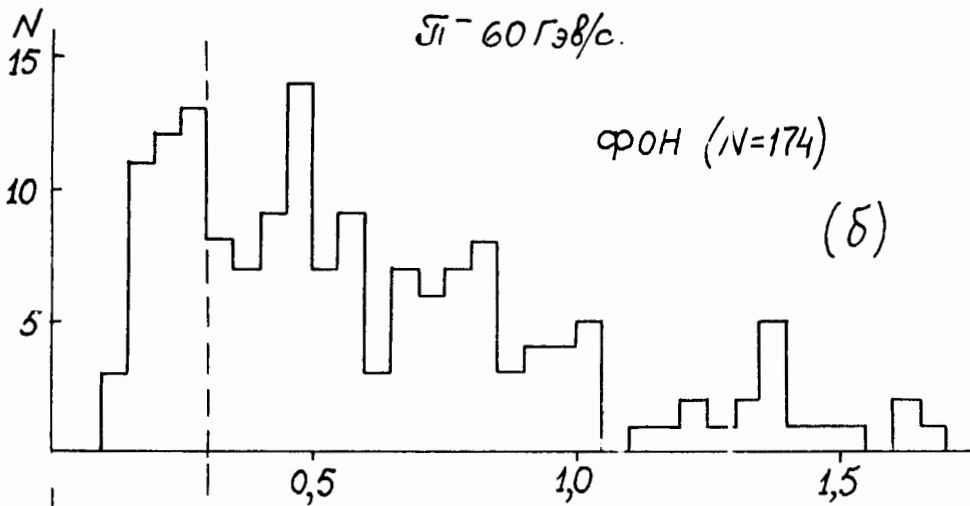


Рис. 11

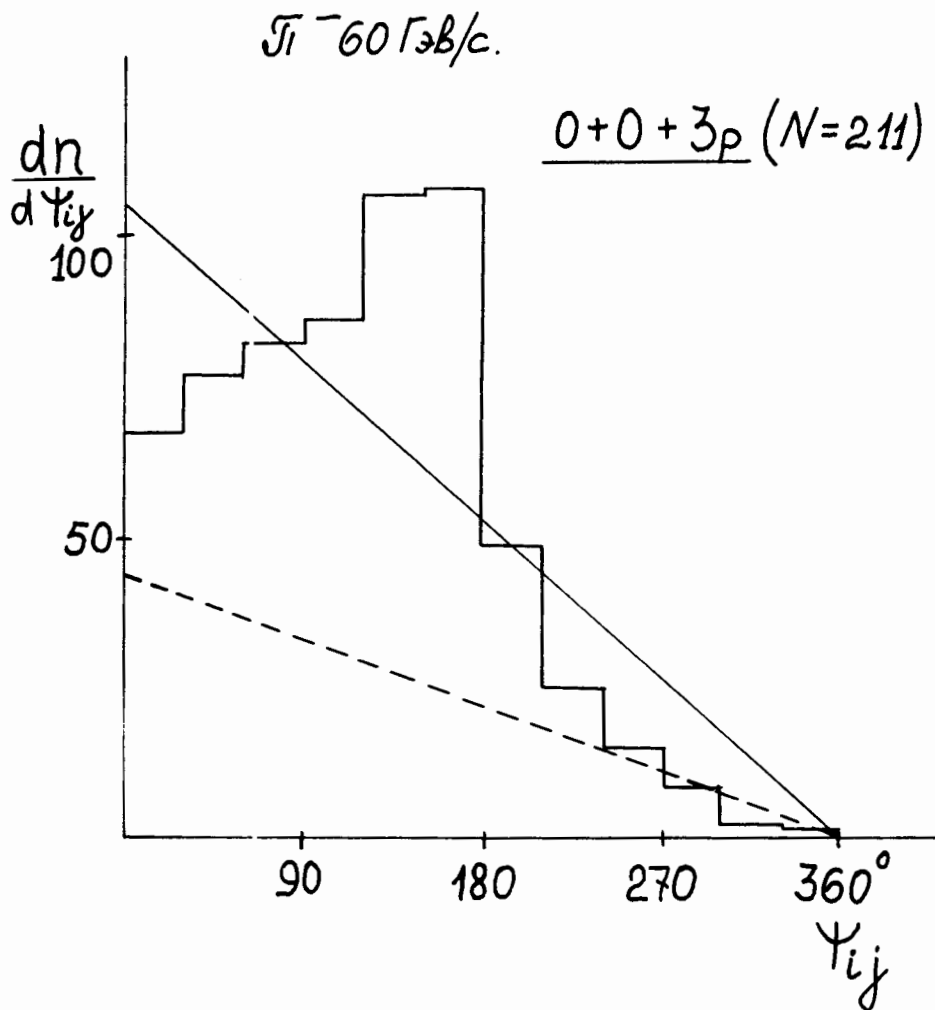


Рис. 12

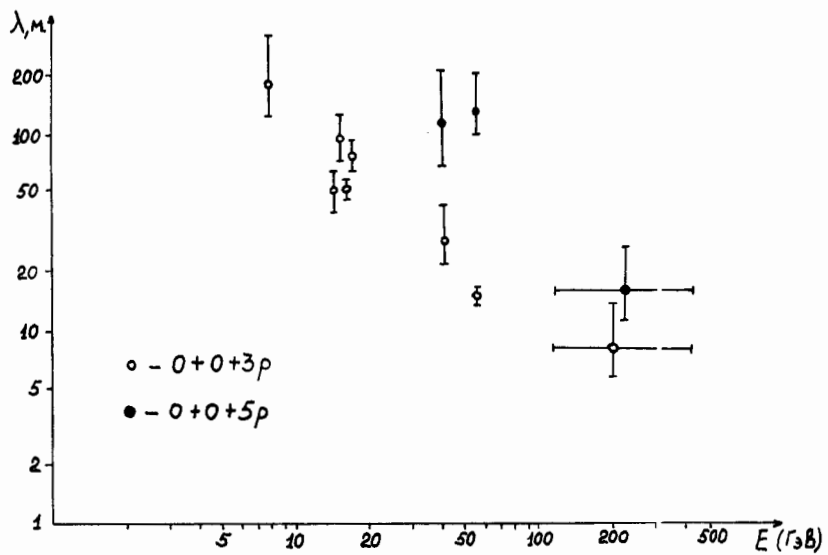


Рис. 13

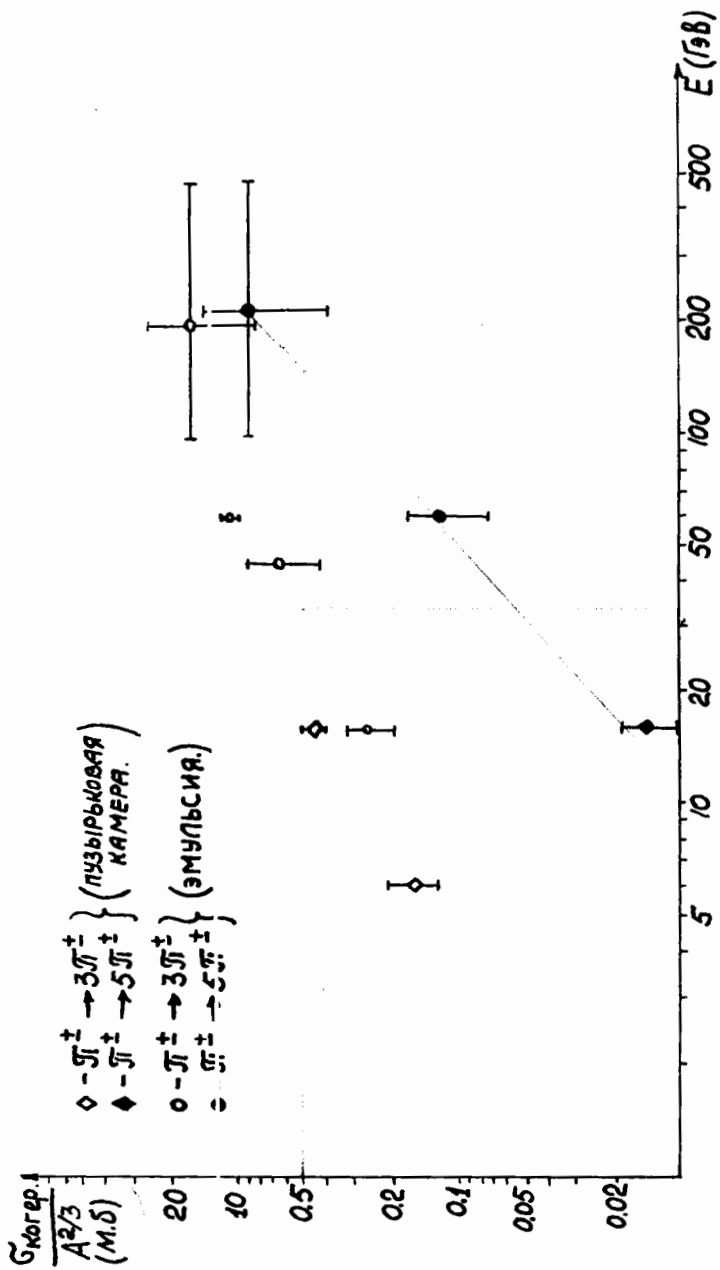


Рис. 14