

С-482

ЯФ, 1969, т. 9, в. 1, с. 142-149

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P1 - 3822



Б.Словинский, З.С.Стругальский

ОБРАЗОВАНИЕ ОДИНОЧНЫХ π^0 -МЕЗОНОВ
В π^+ - Хе ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 2,34 ГЭВ/С

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

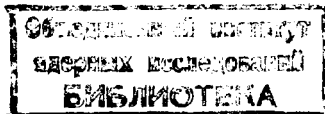
1968

P1 - 3822

Б.Словинский, З.С.Стругальский

ОБРАЗОВАНИЕ ОДИНОЧНЫХ π^0 -МЕЗОНОВ
В π^+ -He ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 2,34 ГЭВ/С

Направлено в ЯФ



Для глубокого понимания процесса взаимодействия быстрых частиц с ядрами необходимо располагать достаточно богатым набором всевозможных характеристик разных сортов вторичных частиц, рождаемых в этом процессе.

В ксеноновой пузырьковой камере можно эффективно регистрировать π^0 - мезоны, рожденные во взаимодействиях частиц с импульсами ниже 10 Гэв и исследовать их импульсные, угловые и энергетические характеристики в диапазоне кинетических энергий π^0 - мезонов от нуля до самых больших, встречающихся в этих реакциях.

Настоящая работа посвящена исследованию характеристик π^0 - мезонов, генерированных в $\pi^+ - \text{Xe}$ взаимодействиях при 2,34 Гэв/с. Здесь приводятся результаты исследования π^0 - мезонов в таких случаях $\pi^+ - \text{Xe}$ взаимодействий, когда рождается лишь один π^0 - мезон.

Полученные и приведенные здесь данные о спектрах γ - квантов и эффективных масс $\gamma - \gamma$ - комбинаций имеют также методическое значение и дополняют сведения, которые мы получаем при исследованиях нейтральных бозонов, распадающихся на π^0 - мезоны и γ - кванты.

Описание эксперимента

В процессе двукратного просмотра снимков с ксеноновой пузырьковой камеры ОИЯИ, облученной в пучке π^+ - мезонов с импульсом

2,34 Гэв/с, отбирались π^+ -Xe взаимодействия с любым числом наблюдаемых вторичных заряженных частиц, находящиеся в определенной выделенной центральной области камеры и сопровождающиеся одним или двумя γ -квантами, обнаруженными во всей рабочей области камеры^х).

Минимальная длина проекции на плоскость фотографирования наблюдаемых вторичных следов составляет 2 мм, чему соответствуют кинетические энергии протонов 15 Мэв и пионов 8 Мэв. Нижняя граница энергии γ -квантов, которые наблюдаются в камере с постоянной эффективностью, равной 98%, составляет 10 Мэв. Средняя эффективность регистрации γ -квантов, таких, энергию которых можно измерить с точностью не хуже 30%, составляет 76%.

На 15000 снимках было обнаружено 1942 взаимодействия. В каждом случае измерялись углы вылета и энергии γ -квантов. Средняя ошибка двукратного измерения углов на микроскопах ЦЕЙС-УММ не превышает $0,8^\circ$. Средняя точность определения энергии γ -квантов составляет 22%.

Имеющийся набор информации о каждом зарегистрированном случае позволяет составить, кроме угловых и энергетических спектров γ -квантов, также распределение по эффективным массам $m_{\gamma\gamma}$ и распределение π^0 -мезонов по углам и импульсам.

^х) Область взаимодействий была определена плоскостями, параллельными стенкам камеры, перпендикулярными к осям координат в точках: $X + 50$, 120 мм; $Y - 210$, $+80$ мм; $Z - 45$, -120 мм. Координаты рабочей области камеры: $X - 47$, $+223$; $Y - 274$, $+274$; $Z 0$, -165 .

Экспериментальные данные

1. Общая характеристика исследуемых взаимодействий

Распределение выбранных в просмотре звезд по числу вторичных заряженных частиц приведено в табл.1. Все взаимодействия были разделены на три класса: с $N_{ch} \leq 3$, $N_{ch} \geq 7$ и $4 \leq N_{ch} \leq 6$. Это делалось по следующим соображениям. Как было показано ранее^{1,2/}, во взаимодействиях быстрых частиц (импульсы π -мезонов 5 и 9 Гэв/с) с ядром ксенона, при небольшом числе вторичных заряженных частиц ($N_{ch} \leq 4$) преобладают квазиэлементарные столкновения с нуклонами ядра. Следует ожидать, что, как и при более высоких энергиях, квазиэлементарные взаимодействия будут такими, что средняя множественность заряженных вторичных продуктов будет не больше соответствующей характеристике π -нуклонных взаимодействий при таких же энергиях. Исходя из этого, для группы, в которой должны преобладать квазиэлементарные π -нуклонные взаимодействия, среди π -Xe-взаимодействий была выбрана верхняя граница множественности $N_{ch} = 3$. Группа с $N_{ch} \geq 7$ содержит звезды с такой кратностью вторичных лучей, которая не характерна для соответствующих элементарных взаимодействий.

В табл. 1 также приведены данные, касающиеся среднего импульса \bar{P}_{π^0} , π^0 -мезонов в л.с.к. и среднего поперечного импульса, $\bar{P}_{\pi^0 \perp}$, π^0 -мезонов в каждой из трех групп звезд.

Таблица 1

N_{ch}	≤ 3	$4 + 6$	≥ 7
% x)	35,8	34,8	29,4
\bar{P}_{π^0} MeV/c	677 ± 50	362 ± 40	228 ± 60
$\bar{P}_{\pi^0 \perp}$ MeV/c	250 ± 25	194 ± 15	158 ± 10
$\langle \Delta P_{\pi^0 \perp}^2 \rangle^{1/2}$ MeV/c	160	140	100

x)

Эти цифры относятся к звездам с любым числом сопровождающих их γ - квантов.

2. Энергетические распределения γ - квантов

Энергетическое распределение γ - квантов во всех исследуемых взаимодействиях показано на рис.1. Форма этого распределения говорит о том, что основным источником γ -квантов в этих взаимодействиях являются π^0 - мезоны.

На рис.2 показаны энергетические спектры γ - квантов в выделенных классах взаимодействий с разным числом вторичных заряженных продуктов. Формы спектров не указывают на наличие заметной доли иных, кроме π^0 - мезонов, источников γ - квантов. Аналогичный результат был получен нами и в работах, ранее опубликованных, касающихся π - Хе взаимодействий при 5 и 9 Гэв/с ^{/2/}. Мы знаем, однако, что в π^+ - Хе взаимодействиях с одним лишь вторичным заряженным продуктом, которые можно в большинстве случаев интерпретировать как квазиэлементарные реакции типа $\pi^+ + p \rightarrow X + p$, четко выделяется по эффективным массам также другой источник γ - квантов $\eta \rightarrow 2\gamma$ ^{/3/}. X - любая частица, распадающаяся на 2 γ - кванта.

Еще одним добавочным подтверждением вышесказанного является распределение эффективных масс $m_{\gamma\gamma}$ во всем наборе случаев, приведенное на рис.3. Пунктирной линией показано распределение фона, которое было построено с использованием метода Монте-Карло по 12000 случайных розыгрышей энергий и углов изучаемых γ - квантов. Нормировка проведена к участку гистограммы с $m_{\gamma\gamma} \leq 75$ Мэв и $m_{\gamma\gamma} \geq 300$ Мэв. В случаях с $N_{ch} \leq 3$ (рис.4) имеется указание на существование и таких, в которых рождается η - частица с последующим распадом $\eta \rightarrow 2\gamma$.

В дальнейшем будем анализировать π^0 - мезоны, рожденные в исследуемых нами взаимодействиях. Мы будем считать π^0 - мезонами, согласно приведенным распределениям энергетических спектров γ - квантов и эффективных масс, те пары γ - квантов, которые дают значения эффективных масс в границах $90 \text{ Мэв} \leq m_{\gamma\gamma} \leq 180 \text{ Мэв}$ ^{/4/}.

3. Распределение π^0 - мезонов по углам

На рис.5 приведены угловые распределения π^0 - мезонов в л.с.к. в классах π^+ - Хе взаимодействий с разным числом вторичных заряженных частиц.

Эти распределения, формально перетрансформированные в систему π^+ - нуклон, показаны на рис.6.

4. Распределение π^0 - мезонов по импульсам

Распределение π^0 - мезонов по импульсу в л.с.к. во всех классах звезд дано на рис.7. Распределения в классах звезд с $N_{ch} \leq 3$, $N_{ch} \geq 7$ и $4 \leq N_{ch} \leq 6$ в л.с.к. показаны на рис.8, а соответствующие распределе-

ния, формально трансформированные в систему центра масс π^+ - нуклон, показаны на рис.9.

Распределения поперечной составляющей импульсов π^0 - мезонов, во всех трех классах π^+ -He взаимодействий, показаны на рис.10. Средние значения $\bar{P}_{\pi^0 \perp}$ поперечных составляющих импульсов π^0 - мезонов в разных классах π^+ -He взаимодействий, а также дисперсии соответствующих значений $P_{\pi^0 \perp}$, $\langle \Delta P_{\pi^0 \perp}^2 \rangle^{1/2}$ даны в табл. 1.

5. Угловые корреляции поперечных составляющих импульсов π^0 - мезонов.

Зависимости средних значений поперечных составляющих импульсов π^0 - мезонов от их углов эмиссии в трех классах взаимодействий в л.с.к. и с.ц.м. π^+ - нуклон показаны на рисунках 11 и 12, соответственно.

Обсуждение экспериментальных данных и выводы

На основании энергетических распределений γ - квантов в л.с.к. во всех π^+ -He взаимодействиях и в разных классах взаимодействий (рис.1,2) можно заключить, что основными источниками γ - квантов в реакциях π^+ -He при 2,34 ГэВ/с являются π^0 - мезоны. Об этом же говорят и распределения по эффективным массам $m_{\gamma\gamma}$ (рис.3,4). Указание на возможность обнаружения $\eta \rightarrow 2\gamma$ имеется лишь во взаимодействиях с $N_{ch} \leq 3$. Мы знаем также, что в π^+ -He взаимодействиях с $N_{ch}=1$ при 2,34 ГэВ/с четко выделяется $\eta \rightarrow 2\gamma$ в распределениях по $m_{\gamma\gamma}$ и по углам между направлениями эмиссии γ - квантов $\theta_{\gamma\gamma}$ ^{/3/}.

Угловое распределение π^0 - мезонов в звездах с $N_{ch} \leq 3$, переведенное в систему π^+ - нуклон (рис.6), имеет типичный вид, наблюдаемый при генерации π - мезонов в π - нуклонных столкновениях ^{/5,6,7/}, и резко отличается по форме от распределений при $N_{ch} \geq 4$. Угловое распределение в звездах с $N_{ch} \geq 7$ в л.с.к. близко к изотропному, и только лишь при углах вылета π^0 - мезона $\Theta_{\pi^+ \pi^0} \leq 30^\circ$ наблюдается коллимация вперед (рис.5).

Средние значения поперечных составляющих импульсов π^0 - мезонов $\bar{P}_{\pi^0 \perp}$ (табл. 1) в группе звезд с $N_{ch} \leq 3$ совпадают с соответствующими характеристиками пионов, образованных в π - нуклонных столкновениях при аналогичных энергиях ^{/8,9/}. При возрастании N_{ch} значения $\bar{P}_{\pi^0 \perp}$ заметно уменьшаются. Наблюдается также тенденция к убыванию величины дисперсии $\langle \Delta P_{\pi^0 \perp}^2 \rangle^{1/2}$.

Распределение π^0 - мезонов по импульсам в л.с.к. в π^+ -He взаимодействиях с $N_{ch} \leq 3$ похоже на распределение π^+ - мезонов по импульсам в л.с.к. в π^+ -p - реакциях при идентичном импульсе первичных π^+ - мезонов. Сравнение распределений показано на рис.13 ^{х)}. Совпадают также средние значения импульсов π^0 - мезонов и π^+ - мезонов в рассматриваемых ансамблях случаев. $\bar{P}_{\pi^+ \text{ л.с.к.}} = 644 \pm 15$ МэВ/с и $\bar{P}_{\pi^0 \text{ л.с.к.}} = 677 \pm 50$ МэВ/с. Распределение π^0 - мезонов по импульсам в группе π^+ -He взаимодействий с $4 \leq N_{ch} \leq 6$ четко отличается от распределения π^+ - мезонов в π^+ -p реакциях (рис.14). Отличаются и соответствующие средние значения импульсов $\bar{P}_{\pi^+ \text{ л.с.к.}}$ и $\bar{P}_{\pi^0 \text{ л.с.к.}}$ (табл. 1).

^{х)} Авторы благодарны В.Пеневу и болгарской группе физиков за предоставление соответствующих данных.

Из анализа угловых и импульсных распределений π^0 - мезонов в л.с.к. и в с.д.м. π^+ - нуклон в трех группах π^+ -He взаимодействий с $N_{ch} \leq 3$, $4 \leq N_{ch} \leq 6$, $N_{ch} \geq 7$, а также на основании анализа распределений π^0 - мезонов по поперечным составляющим импульсов можно заключить, что взаимодействия при 2,34 Гэв/с с числом вторичных заряженных частиц $N_{ch} \leq 3$ подобны, если речь идет об исследуемых свойствах π^0 - мезонов, взаимодействиям π^+ - мезонов со свободными нуклонами при той же энергии, в то время как π^+ -He взаимодействия с $N_{ch} \geq 4$ заметно отличаются в указанном смысле от соответствующих элементарных взаимодействий.

Аналогичный результат был получен нами при анализе π^+ -He взаимодействий при 5 и 9 Гэв/с ^{1,2/}.

Л и т е р а т у р а

1. Z.S.Strugalski *Nuclear Physics*, 87, 280 (1966);
Препринт ОИЯИ, Р-2097, Дубна (1965).
2. М.Дашкевич, Б.Словинский, З.С.Стругальский. *ЯФ*, 5, 341 (1967).
3. Z.S.Strugalski, I.V.Chuvilo, I.A.Ivanovskaya, L.S.Okhrimenko, B.Niczyporuk, T.Kanarek, Z.Jablonski, B.Slowinski. *Preprint*,
Dubna, E1- 3100 (1967).
4. И.А.Ивановская, Т.Канарек, Л.С.Охрименко, Б.Словинский, З.С.Стругальский, И.В.Чувило, З.Яблонский. Препринт Р1-3317, Дубна, 1967;
ПТЭ (в печати).
5. Н.Г.Биргер, Ван Ган-чан, Ван Цу-цзэн, Дин Да-цао, Ю.В.Катышев, Е.Н.Кладницкая, Д.К.Копылова, В.Б.Любимов, Нгуен Дин Ты, А.В.Никитин, М.И.Подгорецкий, Ю.А.Сморodin, М.И.Соловьев, З.Трка. *ЖЭТФ*, 41, 1461 (1961).

6. В.А.Беляков, Ван Шу-фень, В.В.Глаголев, Н.Далхажав, Р.М.Лебедев, Н.Н.Мельникова, В.А.Никитин, В.Пертжилка, В.А.Свиридов, М.Сук, К.Д.Толстов. *ЖЭТФ*, 39, 937 (1960).
7. М.С.Айнутдинов, С.М.Зомбковский, С.Я.Никитин, Я.М.Селектор, В.Н.Шуличенко. *ЖЭТФ*, 44, 413 (1963).
8. В.А.Волженская, Л.И.Сарычева. *Изв. АН СССР*, 30, 1594 (1966).
9. В.С.Барашенков, В.М.Мальцев. Неупругие взаимодействия частиц при больших энергиях. Препринт Р-2784, Дубна, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 апреля 1968 года.

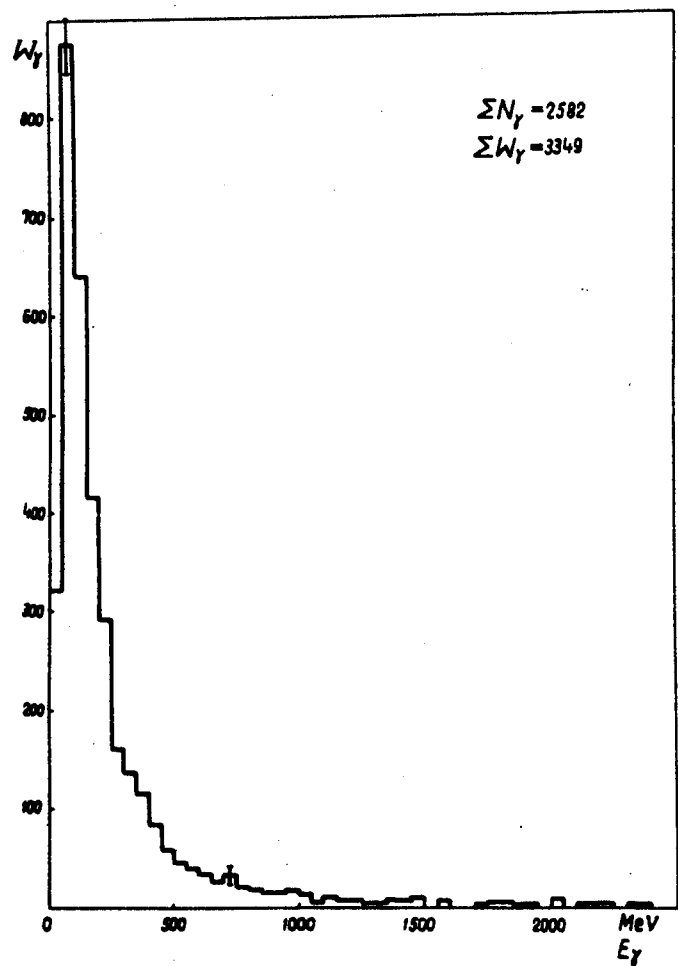


Рис.1. Энергетическое распределение γ - квантов в π^+ -Xe взаимодействиях с числом сопровождающих их γ - квантов не больше 2.

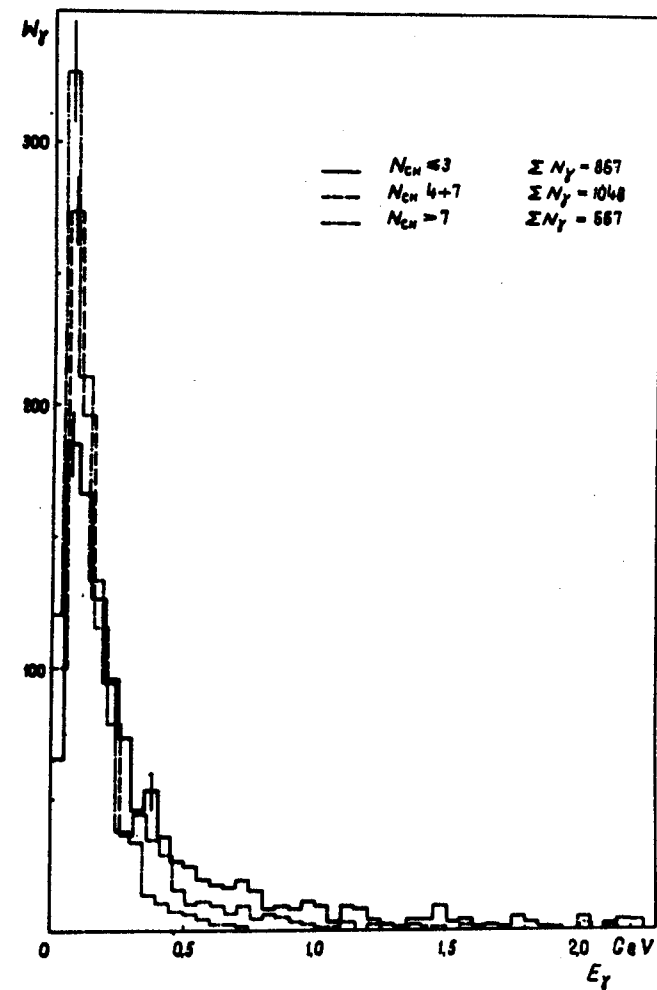


Рис.2. Энергетические распределения γ - квантов в π^+ -Xe взаимодействиях с числом сопровождающих γ - квантов не больше 2 в классах событий с $N_{ch} \leq 3$, $N_{ch} \geq 7$ и $4 \leq N_{ch} \leq 6$. Гистограммы нормированы к одинаковому числу γ - квантов.

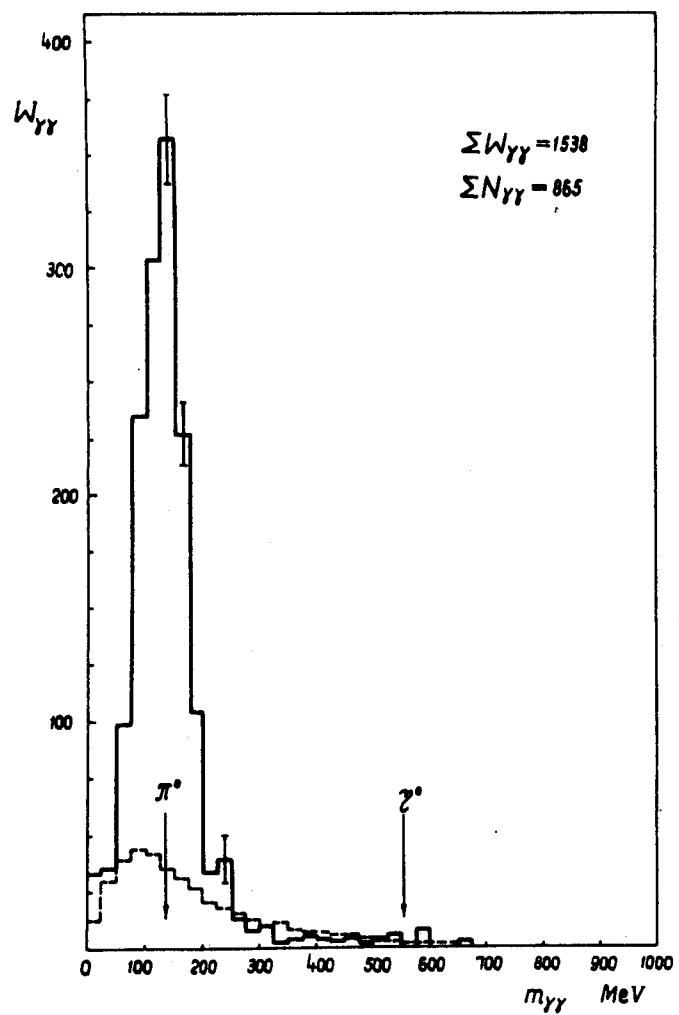


Рис.3. Распределение эффективных масс $m_{\gamma\gamma}$ во всех π^+ -Xe взаимодействиях, сопровождаемых не более чем двумя γ -квантами.

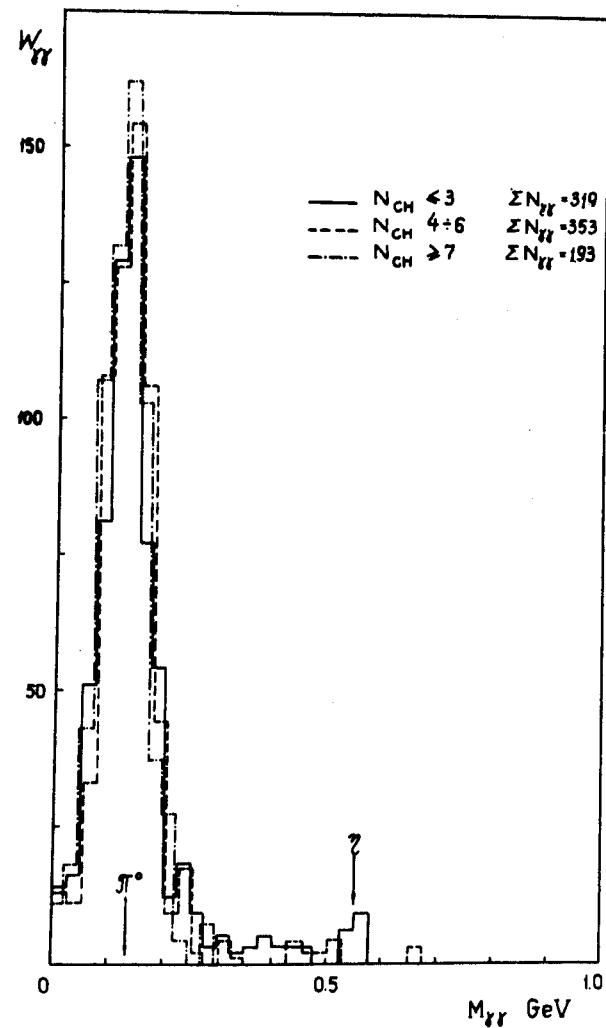


Рис.4. Распределение эффективных масс $m_{\gamma\gamma}$ во взаимодействиях с $N_{ch} \leq 3$, $N_{ch} \geq 7$ и $4 \leq N_{ch} \leq 6$. Гистограммы нормированы к одинаковому числу случаев.

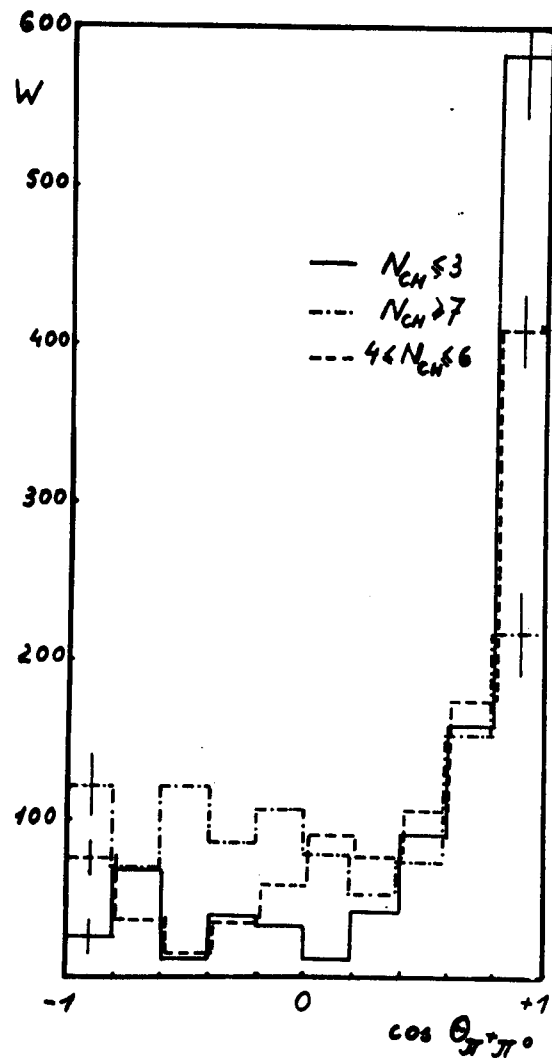


Рис.5. Угловые распределения π^0 - мезонов в реакциях π^+ -Xe с разным числом вторичных заряженных частиц в л.с.к. Гистограммы нормированы к одинаковому числу случаев.

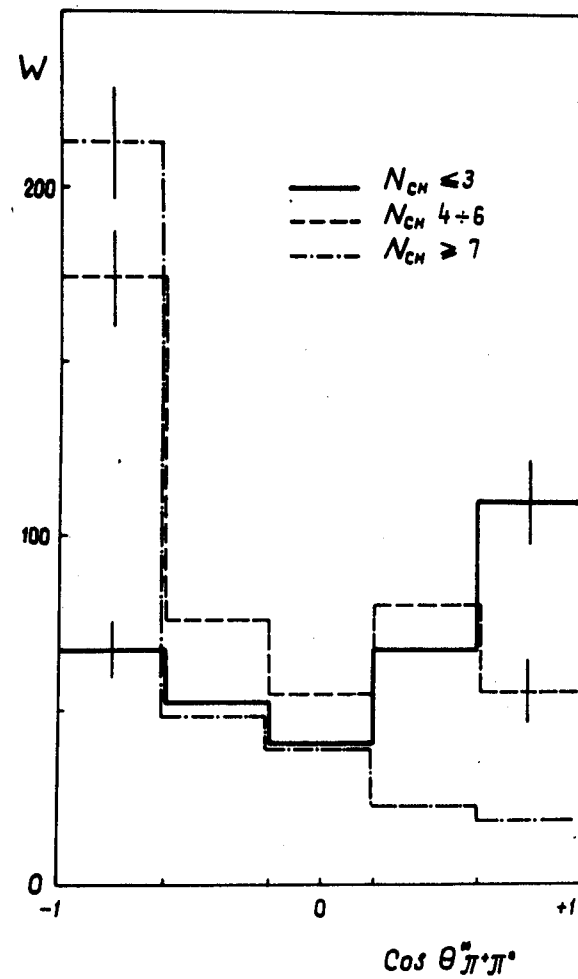


Рис.6. Угловые распределения π^0 - мезонов из реакций π^+ -Xe с $N_{ch} \leq 3$, $N_{ch} \geq 7$ и $4 \leq N_{ch} \leq 6$, трансформированные формально в систему π - нуклон. Гистограммы нормированы к одинаковому числу случаев.

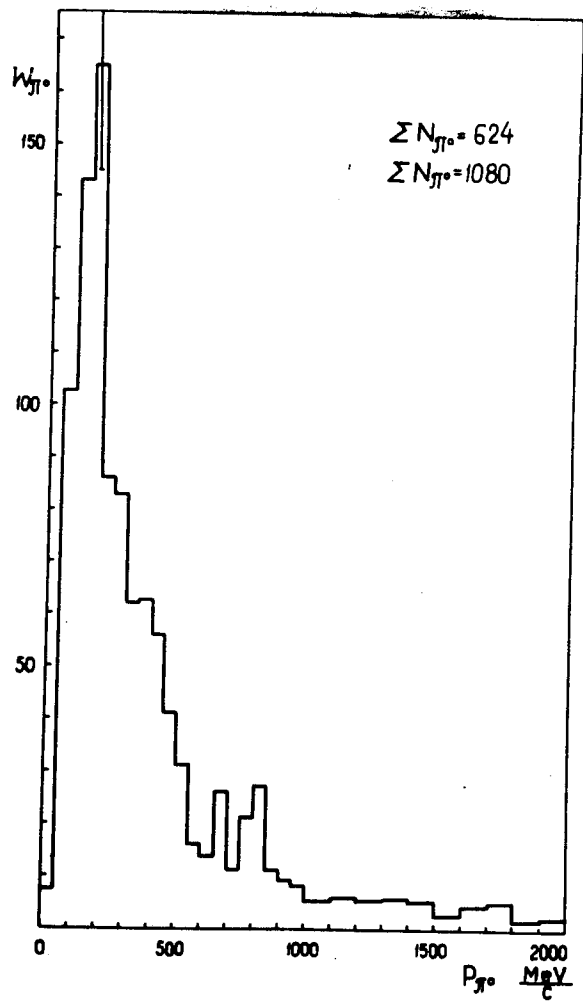


Рис.7. Распределение π^0 мезонов по импульсу в π^+ -He взаимодействиях с числом γ -квантов не больше 2 в л.с.к.

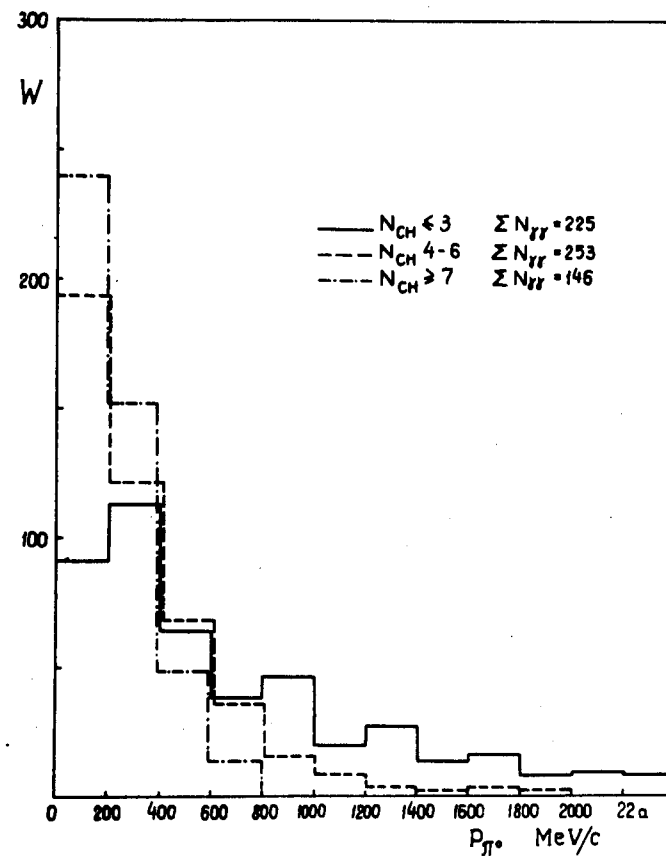


Рис.8. Распределения π^0 -мезонов по импульсам в л.с.к. в разных классах π^+ -He взаимодействий. Нормировано к одинаковому числу случаев.

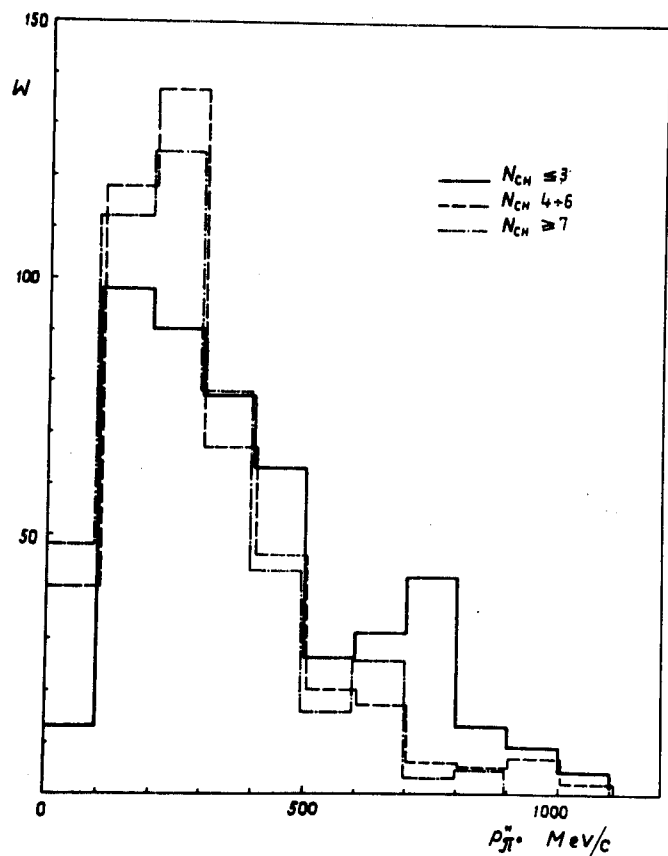


Рис.9. Распределения π^0 - мезонов в классах π^+ - Хе взаимодействий с $N_{ch} \leq 3$, $N_{ch} \geq 7$ и $4 \leq N_{ch} \leq 6$, трансформированные в систему центра масс π^+ - нуклон. Нормированы к одинаковому числу случаев.

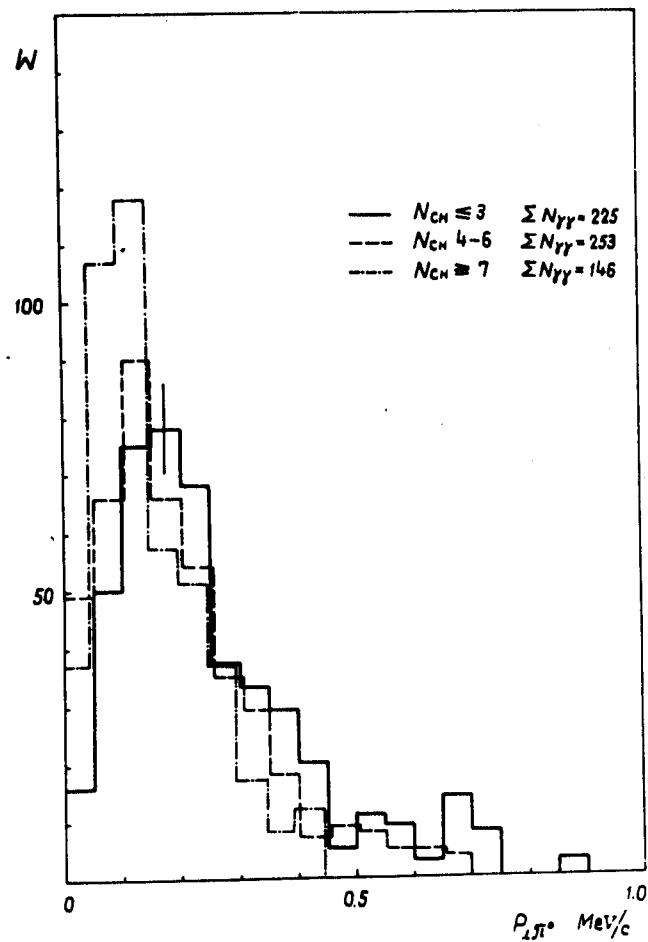


Рис.10. Распределения поперечных составляющих импульсов π^0 - мезонов в классах π^+ - Хе взаимодействий с разным числом N_{ch} . Гистограммы нормированы к одинаковому числу случаев.

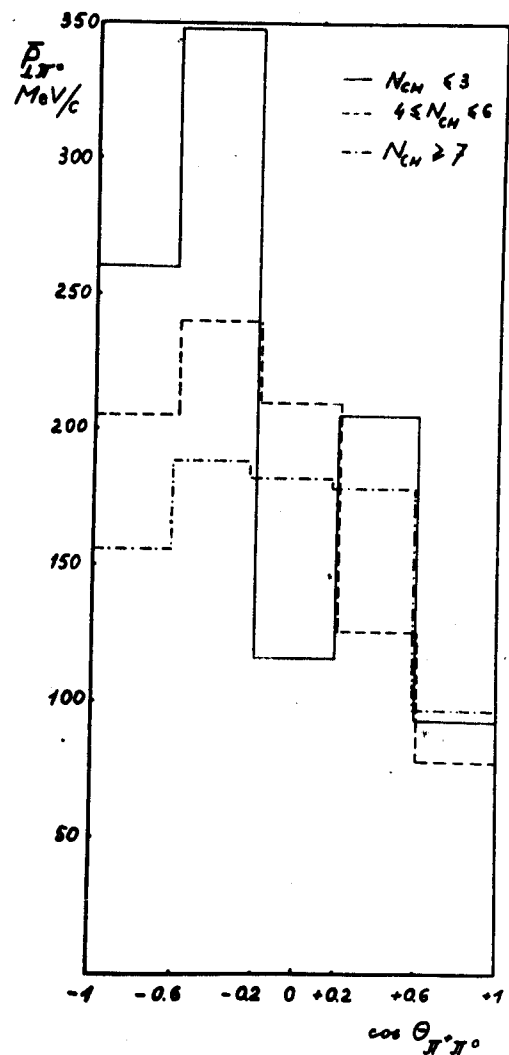


Рис.11. Зависимости средних значений поперечных составляющих импульсов π^0 - мезонов от их углов эмиссии в л.с.к. в разных классах π^+ - He взаимодействий. Гистограммы нормированы к одинаковому числу случаев.

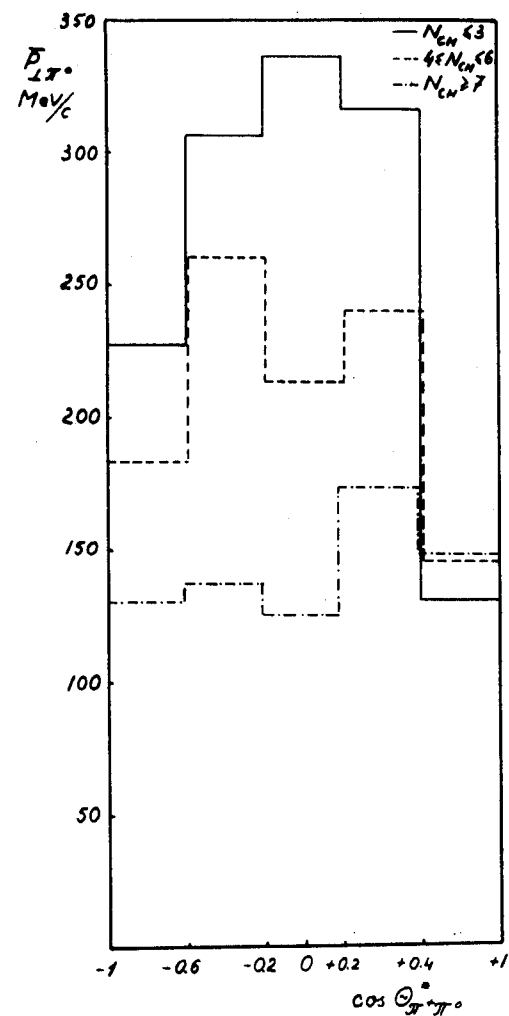


Рис.12. Зависимости средних значений поперечных составляющих импульсов π^0 - мезонов от их углов эмиссии в с.п.м. π^+ - нуклон в разных классах π^+ - He взаимодействий. Гистограммы нормированы к одинаковому числу случаев.

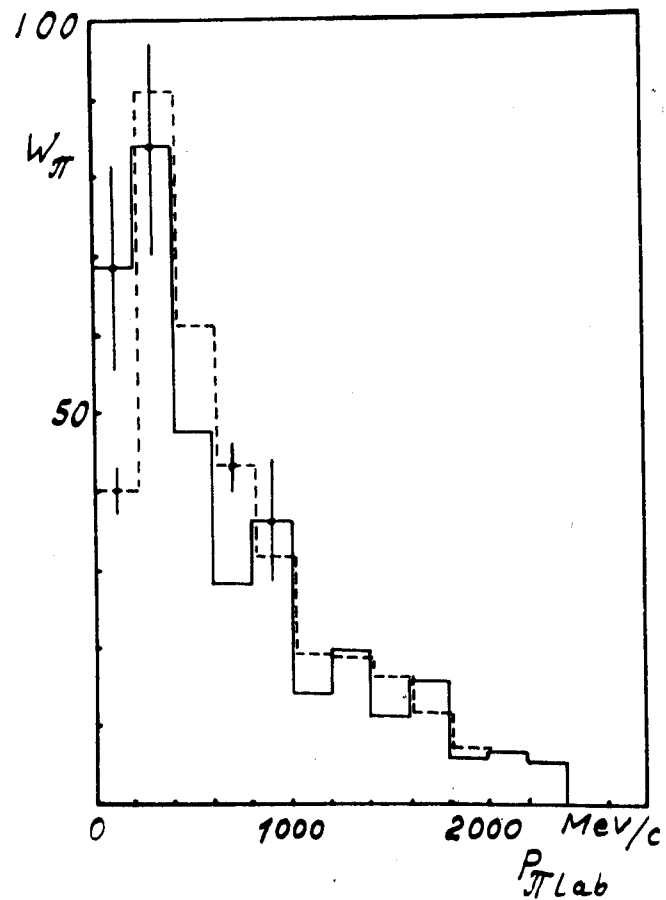


Рис.13. Распределение импульсов π^0 - мезонов в л.с.к. в π^+ -Xe взаимодействиях с $N_{ch} \leq 3$ при 2,34 Гэв/с — . Распределение импульсов π^+ - мезонов в л.с.к. в π^+ -p взаимодействиях при 2,34 Гэв/с - - - ; в это распределение не входят π^+ - мезоны из реакции $\pi^++p \rightarrow \pi^++p$. Гистограммы нормированы к одинаковому числу случаев.

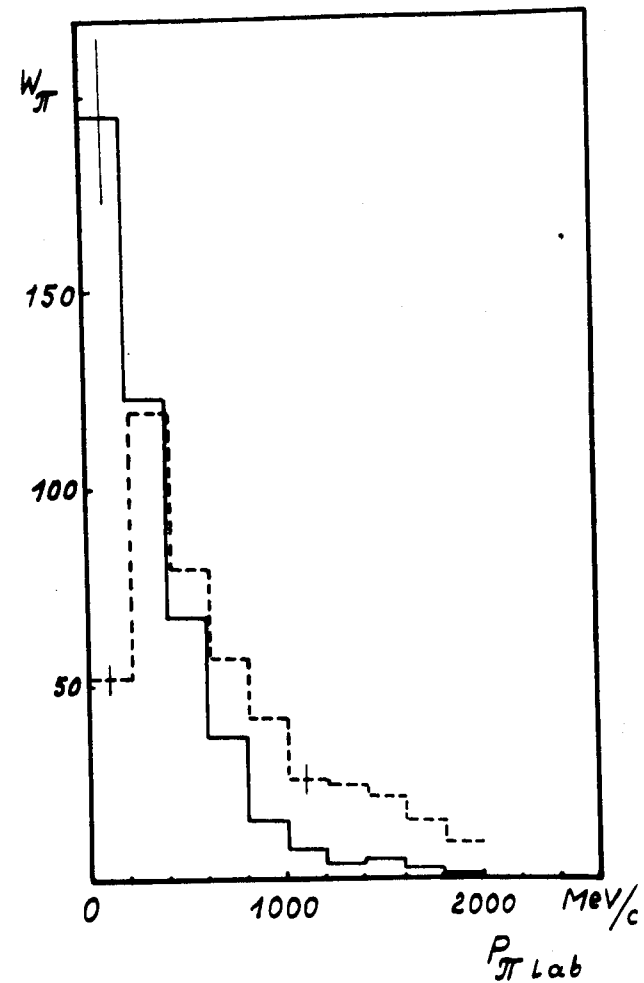


Рис.14. Распределение импульсов π^0 - мезонов в л.с.к. в π^+ -Xe взаимодействиях с $4 < N_{ch} \leq 6$ при 2,34 Гэв/с — . Распределение импульсов π^+ - мезонов в л.с.к. в π^+ -p взаимодействиях при 2,34 Гэв/с - - - ; в это распределение не входят π^+ - мезоны от реакции $\pi^++p \rightarrow \pi^++p$. Гистограммы нормированы к одинаковому числу случаев.