

7398

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



7398

Экз. чит. зала

Р1 - 7398

Я.Плюта, З.С.Стругальский

РОЖДЕНИЕ π^0 -МЕЗОНОВ

ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ π^- - Хе

ПРИ 3,5 ГЭВ/С

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P1 - 7398

Я.Плюта, З.С.Стругальский

РОЖДЕНИЕ π^0 -МЕЗОНОВ
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ π^- - He
ПРИ 3,5 ГЭВ/С

Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ

Неоднократно выдвигалась идея изучения процесса взаимодействия быстрых частиц с атомными ядрами путем изучения характеристик рожденных в нем π^0 -мезонов [1,2]. Особенно легко такие исследования можно осуществлять с помощью пузырьковых камер, наполненных тяжелыми жидкостями, в частности, с помощью ксеноновых пузырьковых камер. π^0 -мезоны в имеющейся ксеноновой пузырьковой камере регистрируются с близкой к 100% эффективностью по наблюдаемым электронно-фотонным ливням, созданным гамма-квантами от распада π^0 -мезонов. Энергетический спектр регистрируемых π^0 -мезонов лежит во всем диапазоне существующих энергий, включая ноль. Энергии π^0 -мезонов можно определить с точностью около 8-10% и углы их эмиссии - с точностью, не хуже 2-5°.

Имея в виду вышесказанное, мы провели дальнейшее подробное исследование различных характеристик π^0 -мезонов во взаимодействиях $\pi^- - \text{Xe}$ при импульсе 3,5 Гэв/с. Исследования проводились на снимках 180-метровой ксеноновой пузырьковой камеры.

1. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Пленки просматривались дважды, одновременно на обоих снимках стереопары, с целью нахождения взаимодействий пучковых частиц с ядрами ксенона в определенной центральной области камеры. Для подробного анализа отбирались все без исключения взаимодействия. За факт происхождения взаимодействия без испускания наблюдаемых вторичных частиц принималось отклонение пучковой частицы на угол не меньше 5°, в плоскости

одной из фотографий стереопары, происходившее в точке, выбранной в центральной области камеры. В процессе просмотра пересчитывались числа наблюдаемых следов вторичных заряженных частиц во взаимодействии, числа V^0 -событий, числа нейтральных звезд и числа ливней, создаваемых в камере гамма-квантами, сопровождающими взаимодействие. Для каждого случая был сделан рисунок, на котором наносились пояснительные, полезные при дальнейшем анализе, обозначения точки взаимодействия, точек конверсии гамма-квантов, точек распада V^0 -частиц и расположения нейтральных звезд. Критерии квалификации событий для дальнейшего анализа были аналогичны прежним, показанным в работах, выполняемых на ксеноновой камере, и обеспечивали безвыборочный учет всех взаимодействий и правильное приписание данному взаимодействию сопровождающих его вторичных нейтральных продуктов - гамма-квантов, V^0 -событий, нейтральных звезд.

Минимальная длина следов наблюдаемых протонов в звездах с числом заряженных частиц $N_{CH} < 4$, составляет 2 мм, в звездах с $N_{CH} > 4$ эта длина больше - около 5 мм. Этому соответствует минимальная энергия протонов 12 и 15 Мэв. π^+ -мезоны наблюдаются и четко идентифицируются по характерной цепочке заряженных продуктов распада $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \rightarrow e^+$. Нижняя граница энергии гамма-квантов, регистрируемых в камере с приблизительно постоянной эффективностью, составляет около 15 Мэв. В каждом зарегистрированном случае взаимодействия измерялись на полуавтоматическом устройстве, сконструированном на базе микроскопа УИМ-21, координаты точки взаимодействия, точек конверсии гамма-квантов и точек распада V^0 -частиц. Точность измерения следующая: 0,1 мм по осям X и Y и 0,5 мм по высоте Z. Энергии гамма-квантов определялись с точностью $\pm 12 - 20\%$ по измеренным полным пробегам электронов и позитронов в ливнях, созданных этими гамма-квантами. Углы эмиссии гамма-квантов определялись с точностью $\pm 0,5 - 2^\circ$. Точность определения длин следов заряженных частиц составляла 1 мм, чему соответствовала ± 10 -процентная точность определения импульса прото-

нов в области значений 200 Мэв/с, и приблизительно однопроцентная точность в области значений 600 Мэв/с. Импульс π^+ -мезонов определялся по измеренному пробегу с точностью, составляющей около 15% при 60 Мэв/с.

На основании данных об энергии каждого гамма-кванта и об угле его эмиссии определялась эффективная масса $M_{\gamma\gamma}$ комбинации пар гамма-квантов согласно формуле:

$$M_{\gamma\gamma}^2 = 2E_{\gamma_1} E_{\gamma_2} (1 - \cos\Theta_{\gamma_1\gamma_2}),$$

где: E_{γ_1} , E_{γ_2} - энергии гамма-квантов, из которых составляется эффективная масса; $\Theta_{\gamma_1\gamma_2}$ - угол между направлениями эмиссии каждого гамма-кванта.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

В настоящей статье приведены лишь результаты исследования гамма-квантов, сопровождающих изучаемые взаимодействия, и π^0 -мезонов, являющихся источниками этих гамма-квантов. Протоны являются предметом рассуждений, проводимых в иной статье. Здесь даются также некоторые сведения и о вторичных π^+ -мезонах, находящихся в таком интервале импульсов, что для них используемая в исследованиях камера является детектором с геометрией 4П.

2.1. Распределение по плотностям гамма-квантов, сопровождающих взаимодействия

Наблюдаемые числа гамма-квантов, приписываемых исследуемым взаимодействиям, являются неточными из-за несто процентной эффективности регистрации гамма-квантов. Средняя эффективность регистрации гамма-квантов в камере составляет $\bar{\epsilon} = 0,92\%$, с небольшими вариациями в зависимости от числа гамма-квантов в исследуемом взаимодействии. Используя эту эффективность, мы рассчитали действительные плотности гамма-квантов, учитывая эффекты регистрации события с

k -гамма-квантами как события с $k-1, k-2, \dots$ вследствие незарегистрированных $1, 2, \dots$ гамма-квантов из k излученных. Распределение наблюдаемых на опыте плотностей и кратностей, вычисленных с учетом эффективности регистрации $\bar{\epsilon}$, приведены на рис. 1.

2.2. Распределение среднего числа гамма-квантов N_γ во взаимодействиях с разным числом заряженных вторичных частиц N_{CH}

Распределение $N_\gamma = f(N_{CH})$ показано на рис. 2. Нанесенные по распределению ошибки показывают статистический разброс.

2.3. Энергетический спектр гамма-квантов

Энергетический спектр гамма-квантов показан на рис. 3. В распределении учтены статистические веса гамма-квантов. Поправки составляют из-за большой эффективности регистрации гамма-квантов небольшую долю случаев. Так, например, в диапазоне значений энергии 50-100 Мэв поправка составляет около 9%, в диапазоне 150-200 Мэв - около 6%.

2.4. Распределение эффективных масс пар гамма-квантов

Из комбинации пар зарегистрированных в данном взаимодействии гамма-квантов были получены эффективные массы $M_{\gamma\gamma}$. Распределение этих масс показано на рис. 4.

2.5. Импульсы π^0 -мезонов

На рис. 5 показано распределение средних импульсов π^0 -мезонов в звездах с разными значениями N_{CH} . На

рис. 6 даны средние значения поперечной составляющей импульсов π^0 -мезонов $\bar{P}_{\pi^0 \perp}$ в звездах с разными N_{CH} .

2.6. Углы эмиссии π^0 -мезонов

Значения средних косинусов угла эмиссии π^0 -мезонов во взаимодействиях с разными N_{CH} приведены на рис. 7.

2.7. π^+ -мезоны, излучаемые в π^- -He взаимодействиях при 3,5 Гэв/с

π^+ -мезоны идентифицируются безотказно при наблюдаемой цепочке заряженных продуктов распада $\pi^+ \rightarrow \mu^+, e^+$. Камера является детектором с геометрией 4П для π^+ -мезонов в диапазоне значений их импульсов /60-180/ Мэв/с. На рис. 8 показано распределение этих π^+ -мезонов по импульсам. Для сравнения приведено аналогичное распределение π^0 -мезонов, находящихся в этом же диапазоне импульсов. На рис. 9 показаны распределения углов эмиссии π^+ и π^0 -мезонов из предела импульсов 60-180 Мэв/с. Распределения нормированы к одинаковому числу случаев.

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В условиях использованной здесь 180-литровой ксеноновой пузырьковой камеры эффективность регистрации гамма-квантов во всем диапазоне энергий свыше 15 Мэв столь большая, что четко и непосредственно, даже без поправок, наблюдается преобладающая роль /рис. 1/ источников, дающих в итоге распада четное число гамма-квантов. Это почти исключительно π^0 -мезоны /рис. 3, 4/. Среднее число гамма-квантов, а затем и π^0 -мезонов не зависит от числа N_{CH} заряженных продуктов, испускаемых во взаимодействии в пределе значений $N_{CH} = 1-6$. С ростом N_{CH} свыше 6 среднее число гамма-квантов уменьшается.

k -гамма-квантами как события с $k-1, k-2, \dots$ вследствие незарегистрированных $1, 2, \dots$ гамма-квантов из k излученных. Распределение наблюдаемых на опыте плотностей и кратностей, вычисленных с учетом эффективностей регистрации $\bar{\epsilon}$, приведены на *рис. 1*.

2.2. Распределение среднего числа гамма-квантов N_γ во взаимодействиях с разным числом заряженных впоричных частиц N_{CH}

Распределение $N_\gamma = f(N_{CH})$ показано на *рис. 2*. Нанесенные по распределению ошибки показывают статистический разброс.

2.3. Энергетический спектр гамма-квантов

Энергетический спектр гамма-квантов показан на *рис. 3*. В распределении учтены статистические веса гамма-квантов. Поправки составляют из-за большой эффективности регистрации гамма-квантов небольшую долю случаев. Так, например, в диапазоне значений энергии 50-100 Мэв поправка составляет около 9%, в диапазоне 150-200 Мэв - около 6%.

2.4. Распределение эффективных масс пар гамма-квантов

Из комбинации пар зарегистрированных в данном взаимодействии гамма-квантов были получены эффективные массы $M_{\gamma\gamma}$. Распределение этих масс показано на *рис. 4*.

2.5. Импульсы π^0 -мезонов

На *рис. 5* показано распределение средних импульсов π^0 -мезонов в звездах с разными значениями N_{CH} . На

рис. 6 даны средние значения поперечной составляющей импульсов π^0 -мезонов $\bar{P}_{\pi^0 \perp}$ в звездах с разными N_{CH} .

2.6. Углы эмиссии π^0 -мезонов

Значения средних косинусов угла эмиссии π^0 -мезонов во взаимодействиях с разными N_{CH} приведены на *рис. 7*.

2.7. π^+ -мезоны, излучаемые в π^- -He взаимодействиях при 3,5 Гэв/с

π^+ -мезоны идентифицируются безотказно при наблюдаемой цепочке заряженных продуктов распада $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^+$. Камера является детектором с геометрией 4П для π^+ -мезонов в диапазоне значений их импульсов /60-180/ Мэв/с. На *рис. 8* показано распределение этих π^+ -мезонов по импульсам. Для сравнения приведено аналогичное распределение π^0 -мезонов, находящихся в этом же диапазоне импульсов. На *рис. 9* показаны распределения углов эмиссии π^+ и π^0 -мезонов из предела импульсов 60-180 Мэв/с. Распределения нормированы к одинаковому числу случаев.

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В условиях использованной здесь 180-литровой ксеноновой пузырьковой камеры эффективность регистрации гамма-квантов во всем диапазоне энергий свыше 15 Мэв столь большая, что четко и непосредственно, даже без поправок, наблюдается преобладающая роль /*рис. 1*/ источников, дающих в итоге распада четное число гамма-квантов. Это почти исключительно π^0 -мезоны /*рис. 3, 4*/. Среднее число гамма-квантов, а затем и π^0 -мезонов не зависит от числа N_{CH} заряженных продуктов, испускаемых во взаимодействии в пределе значений $N_{CH} = 1-6$. С ростом N_{CH} свыше 6 среднее число гамма-квантов уменьшается.

Поперечные импульсы π^0 -мезонов уменьшаются с ростом числа N_{CH} от значения ~ 340 Мэв/с при $N_{CH} = 0$ до ~ 160 Мэв/с при $N_{CH} = 14$.

Средний импульс π^0 -мезонов уменьшается с ростом N_{CH} /рис. 5/, от ~ 200 Мэв/с при $N_{CH} = 0$ до ~ 180 Мэв/с при $N_{CH} = 14$. Отсутствуют меньшие значения импульсов, хотя π^0 -мезоны могли бы быть зарегистрированы, если бы их кинетические энергии были нулевыми.

Авторы выражают благодарность проф. И.В.Чувило и доктору физ.-мат. наук В.А.Шабанову за предоставление камерных снимков. Проф. М.И.Соловьеву мы весьма признательны за интерес к работе.

Литература

1. М.Дашкевич, Б.Словинский, З.С.Спругальский. ЯФ, 5, 341 /1967/.
2. Б.Словинский, З.С.Спругальский. ЯФ, 9, 142 /1969/.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 августа 1973 года.

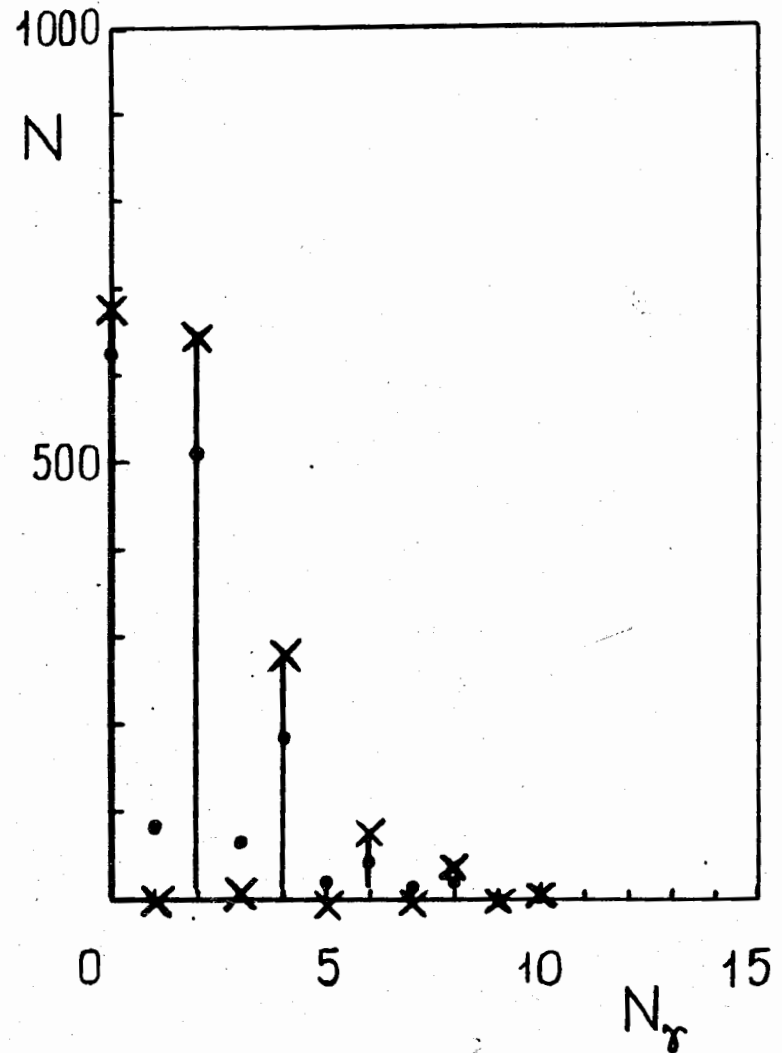


Рис. 1. Распределение гамма-квантов, сопровождающих π^- -He взаимодействия по кратностям: • - наблюдаемые значения, X - значения, полученные с учетом средней эффективности регистрации гамма-квантов $\bar{\epsilon}$.

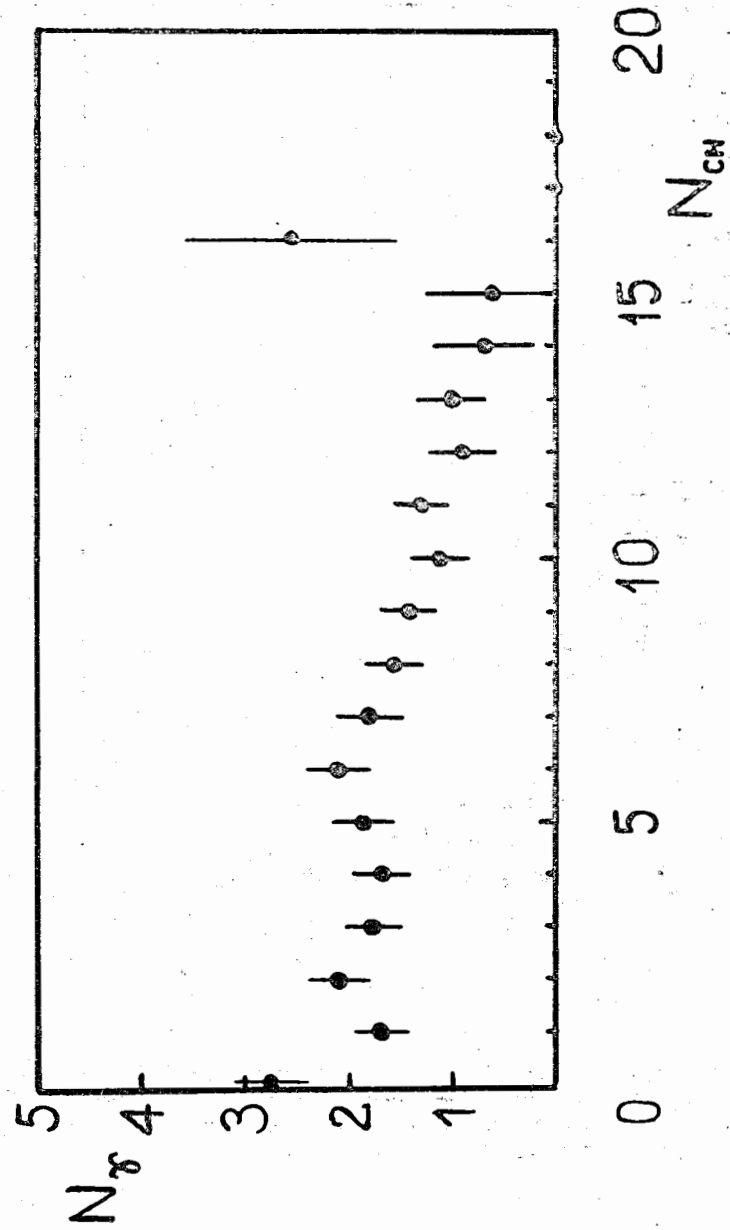


Рис. 2. Распределение средних чисел гамма-квантов N_{γ} во взаимодействиях с разными числами заряженных вторичных продуктов $N_{сн}$.

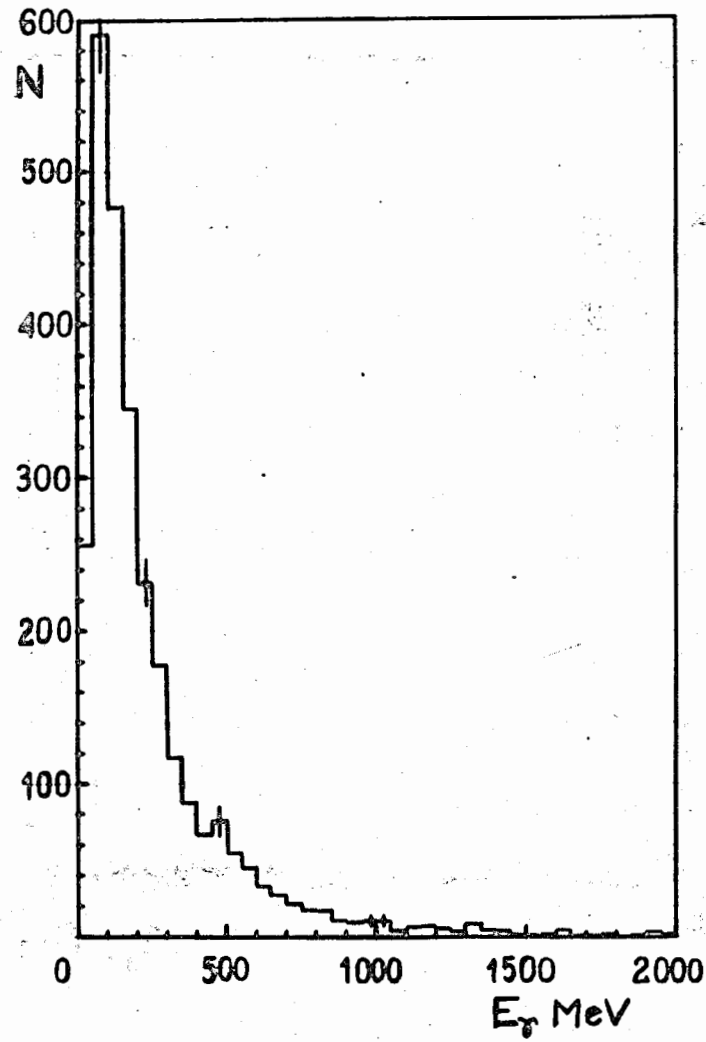


Рис. 3. Энергетический спектр гамма-квантов в π^{-} -He взаимодействиях при 3,5 Гзв/с.

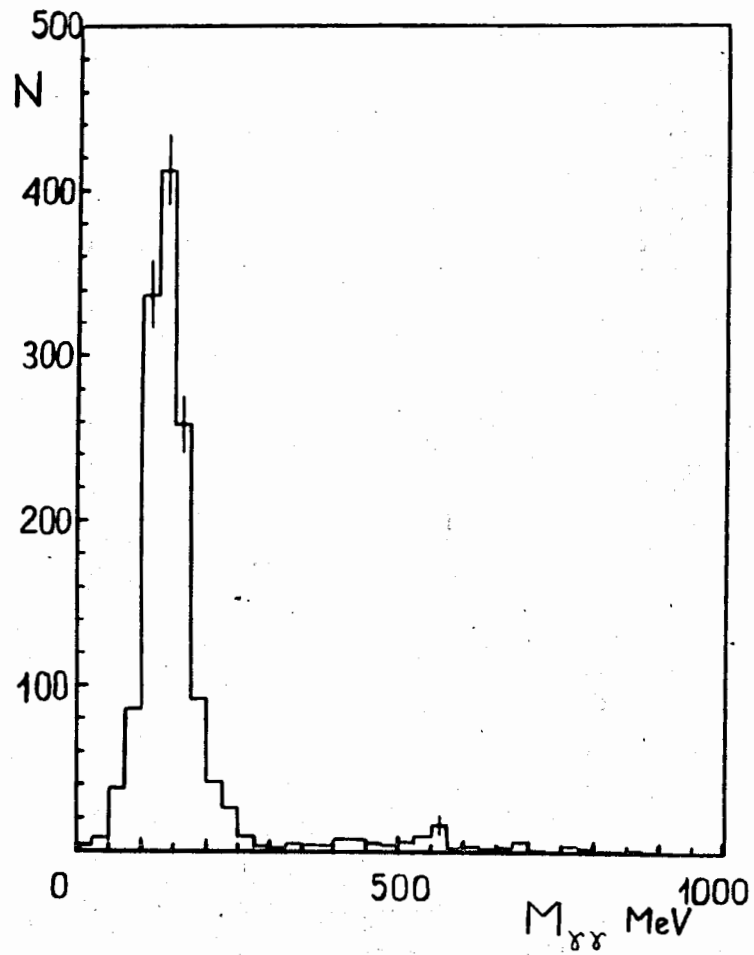


Рис. 4. Распределение эффективных масс комбинаций пар гамма-квантов $M_{\gamma\gamma}$.

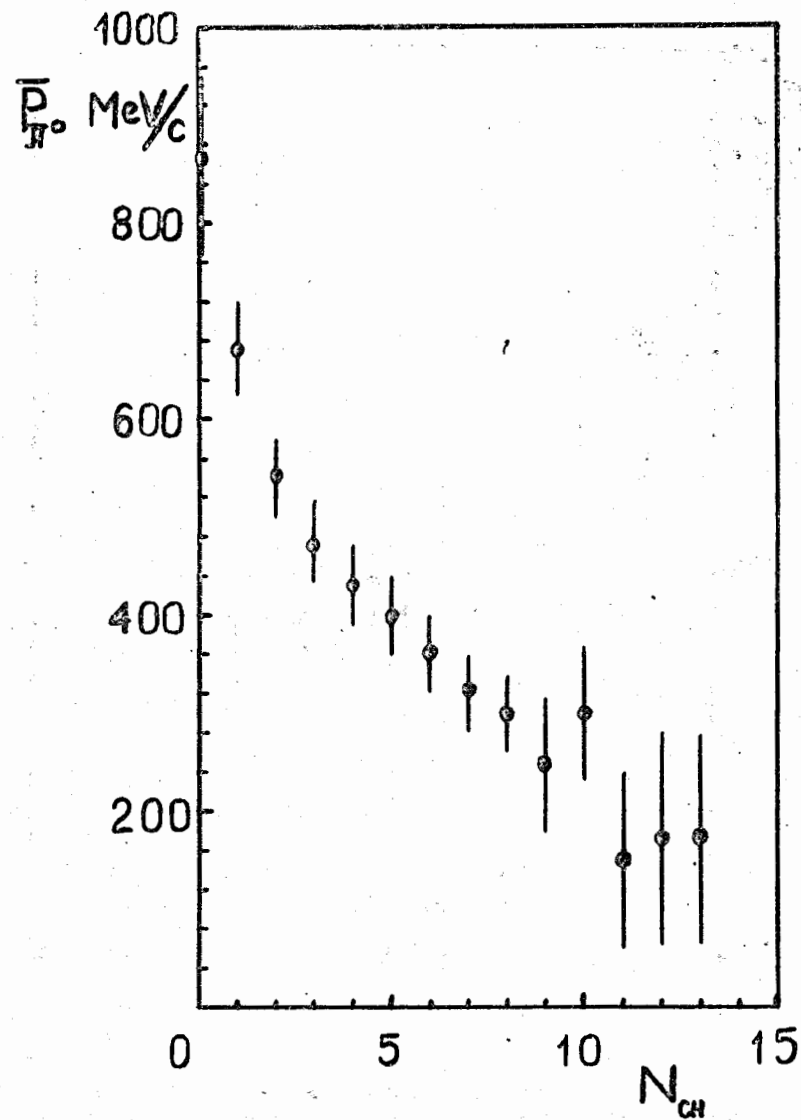


Рис. 5. Распределение средних импульсов π^0 -мезонов \bar{P}_{π^0} во взаимодействиях с разными N_{CH} .

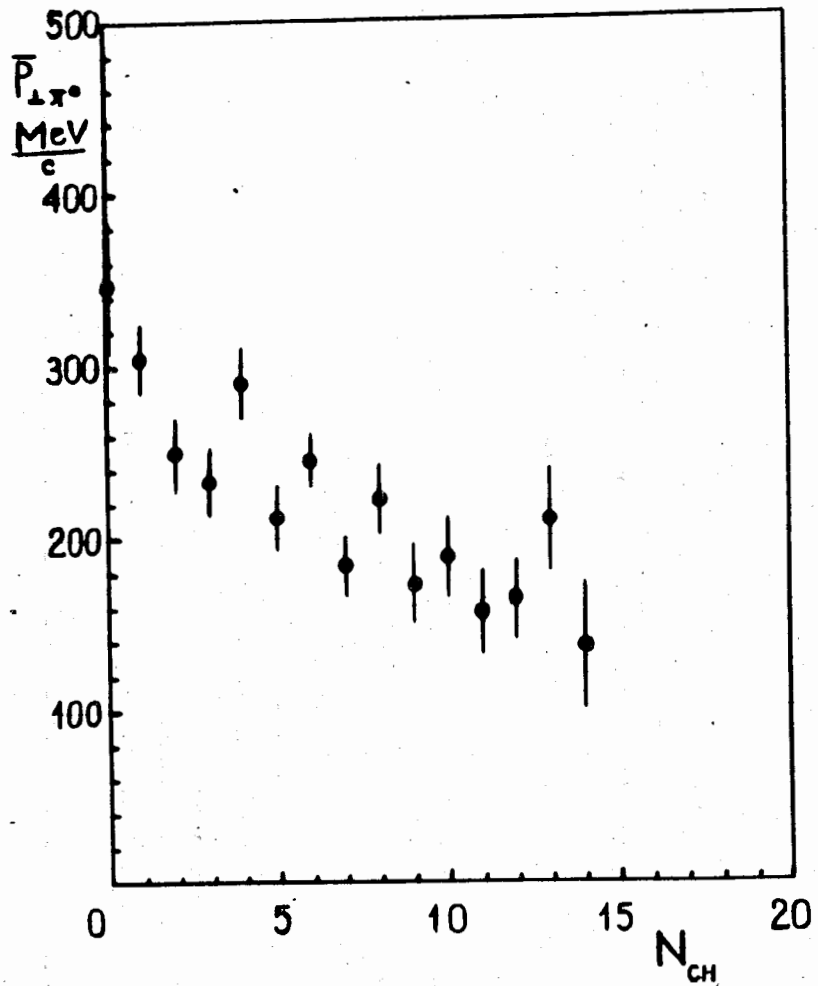


Рис. 6. Распределение поперечных составляющих импульсов π^0 -мезонов $P_{\perp \pi^0}$, во взаимодействиях с разными N_{CH} .

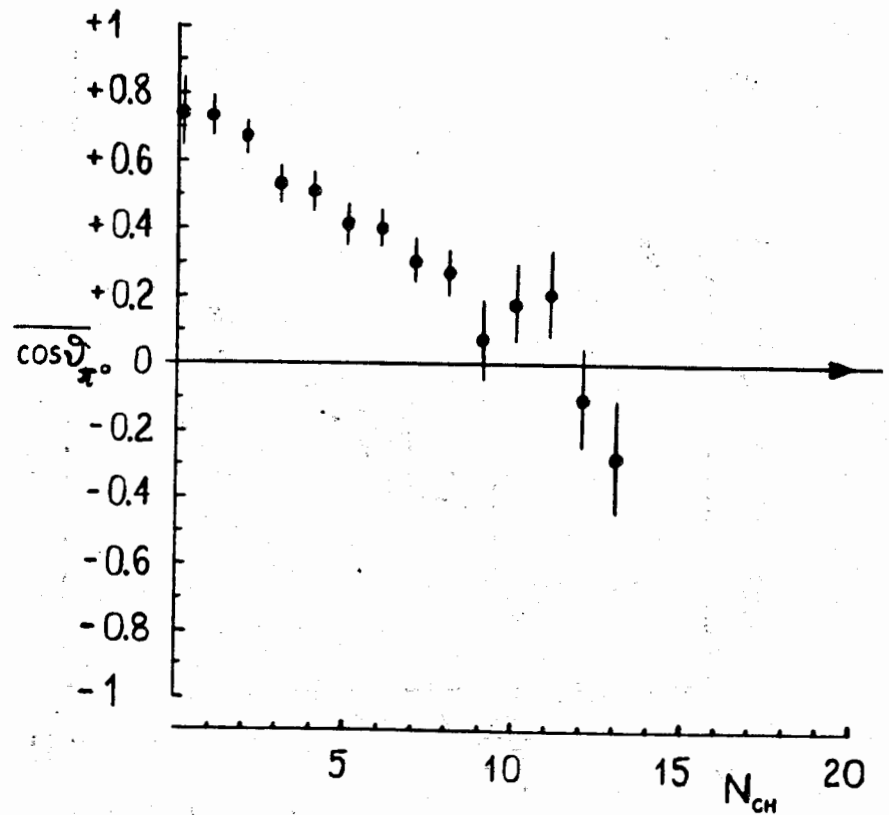


Рис. 7. Среднее значение косинуса угла эмиссии θ_{π^0} π^0 -мезонов в звездах с разными числами N_{CH} .

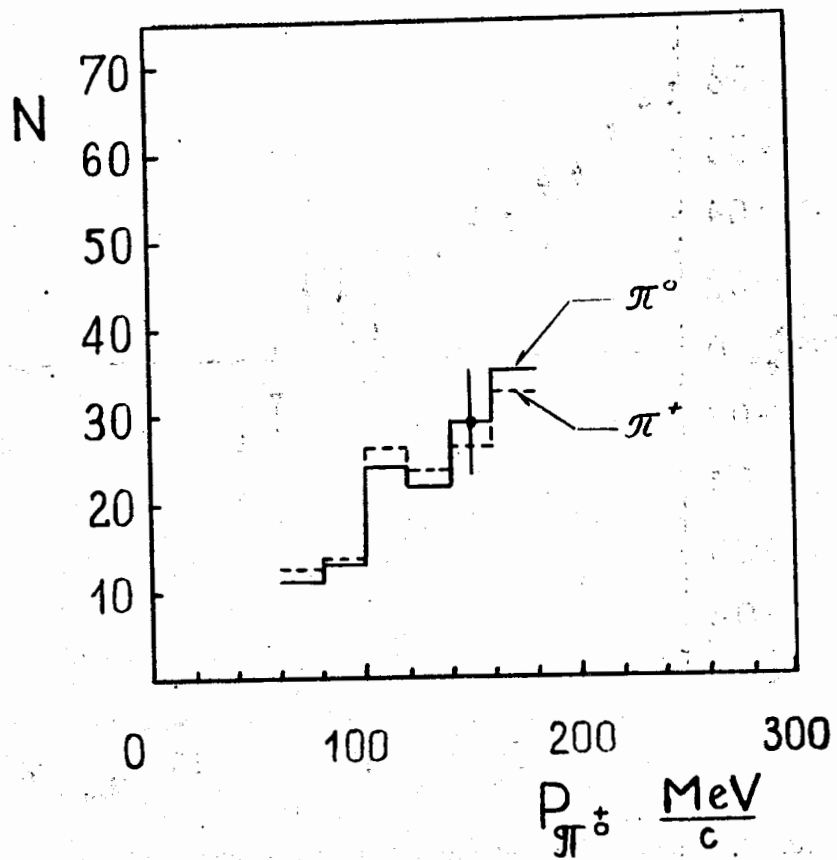


Рис. 8. Распределение π^+ и π^0 -мезонов из диапазона /60-180/ Мэв/с по импульсам. Нормировка проведена по отношению к одинаковым числам событий.

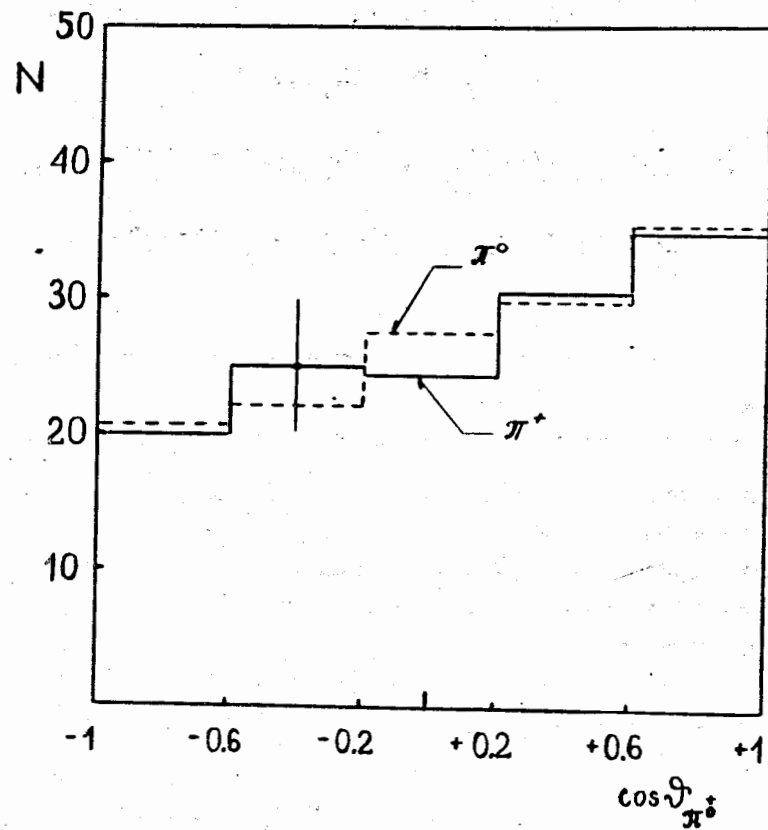


Рис. 9. Распределение углов эмиссии π^+ и π^0 -мезонов, находящихся в интервале импульсов 60-180 Мэв/с.