

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-83-568



З.Стругальский, А.Т.Абросимов, К.Восинская,
А.Н.Ильина, К.Миллер, Л.С.Охрименко, Т.Павляк,
Я.Плюта, В.Пэрыт, Б.Среднява

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ
ПИОН-КСЕНОН ПРИ 3,5 ГэВ/с.
Рождение нейтральных пионов

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящее сообщение продолжает цикл наших работ^{/1,2/}, посвященных экспериментальному исследованию столкновений пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с. В ней приводятся результаты изучения характеристик рождения нейтральных пионов.

Проведенные нами исследования интенсивностей испускания частиц в изучаемой реакции столкновения показали, что интенсивность рождения нейтральных пионов характеризует однозначно интенсивность рождения пионов любого заряда. При этом информация, получаемая нами о нейтральных пионах, наиболее полна. Нейтральные пионы регистрируются в нашем эксперименте почти со 100%-ной эффективностью в полном диапазоне значений их критических энергий, включая нулевую энергию, в полном телесном угле. Поэтому информация о рождении нейтральных пионов можно использовать для исследования процесса рождения пионов вообще /любого электрического заряда/ в столкновениях адрон-ядро, в частности в столкновениях пион-ядро.

2. ЭКСПЕРИМЕНТ

Исследования выполнены с помощью ксеноновой пузырьковой камеры^{/3/} ИТЭФ с размерами $103 \times 44 \times 40$ см³, облученной в пучке отрицательно заряженных пионов с импульсом 3,5 ГэВ/с. Радиационная единица длины в жидком ксеноне $\lambda_0 \approx 4$ см. Минимальная энергия обнаруживаемых на снимках гамма-квантов с постоянной эффективностью, близкой 99,5%, составляет 5 МэВ. Точность определения энергии нейтральных пионов^{/4/} равна в среднем 12%. Ошибка в определении угла испускания нейтрального пиона - около 1 градуса.

Условия эксперимента остаются такими же, как в упомянутой выше работе^{/1/}.

Эффективность регистрации гамма-квантов и возможность идентификации нейтральных пионов по эффективным массам $m_{\gamma\gamma}$ пар гамма-квантов иллюстрируют рис.1 и 2.

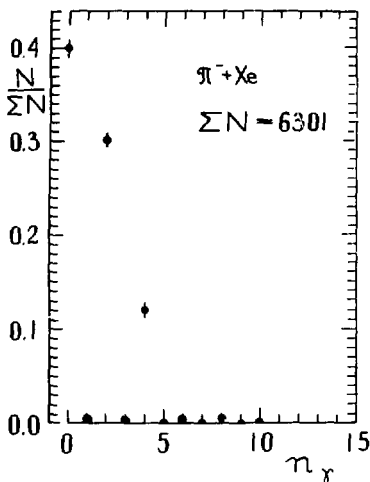


Рис.1. Распределение $N/\Sigma N$ кратностей n_γ гамма-квантов, зарегистрированных в столкновениях пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с. ΣN - полное число зарегистрированных столкновений.

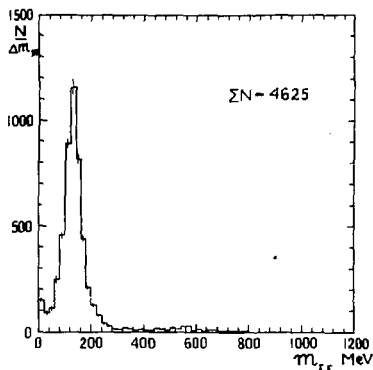


Рис.2. Распределение $N/\Delta m_{\gamma\gamma}$ эффективных масс $m_{\gamma\gamma}$ из комбинаций пар гамма-квантов, зарегистрированных в столкновениях пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с, ΣN - число комбинаций пар гамма-квантов, использованных в гистограмме.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

В результате двукратного просмотра 75000 снимков было отображено 6301 событие столкновения пион-ксенон. В этих событиях было зарегистрировано 3584 нейтральных пионов; 2873 из них были испущены в переднюю полусферу, 711 - в заднюю. Средняя кинетическая энергия нейтрального пиона составляет $\langle E_{k\pi^0} \rangle = 331,6$ МэВ; средняя кинетическая энергия нейтрального пиона из класса испущенных в переднюю полусферу $\langle E_{k\pi^0_F} \rangle = 387,4$ МэВ, средняя кинетическая энергия нейтрального пиона из класса испущенных в заднюю полусферу $\langle E_{k\pi^0_B} \rangle = 116,6$ МэВ.

Основные сведения о распределении нейтральных пионов по кратностям испускания n_{π^0} , по кинетическим энергиям $E_{k\pi^0}$, по продольным импульсам $P_{L\pi^0}$, по поперечным импульсам $P_{T\pi^0}$, по углам испускания θ_{π^0} приведены на рис.3-12. Некоторые характеристики рождения нейтральных пионов даны в зависимости от кратности n_p испускания быстрых протонов с кинетическими энергиями от 20 до 400 МэВ.

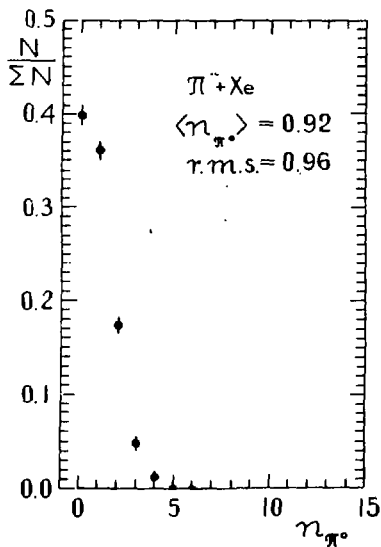
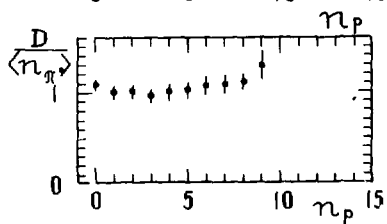
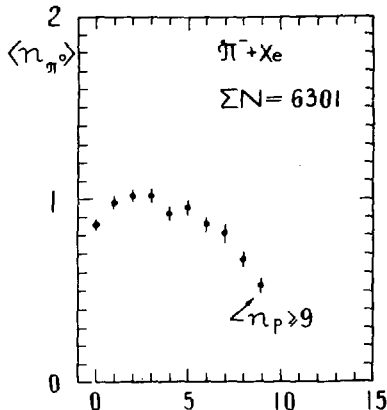


Рис.4. Зависимость средней кратности рождения нейтральных пионов $\langle n_{\pi^0} \rangle$ и нормированной дисперсии $D/\langle n_{\pi^0} \rangle$ от кратности испускания быстрых протонов в столкновениях пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с.

Рис.3. Распределение $N/\Sigma N$ кратностей испускания нейтральных пионов n_{π^0} в столкновениях пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с. Среднее значение кратности составляет $\langle n_{\pi^0} \rangle = 0,92$, дисперсия - 0,96.



4. РЕЗУЛЬТАТЫ

Из экспериментальных данных, касающихся рождения нейтральных пионов в исследуемых столкновениях пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с, следует, что:

1. Средняя кратность $\langle n_{\pi^0} \rangle$ рождения нейтральных пионов меняется с ростом кратности испущенных быстрых протонов (рис.4/; первоначально, с ростом n_p от $n_p = 0$ до $n_p = 2$, значение $\langle n_{\pi^0} \rangle$ увеличивается примерно в 1,2 раза, до $\langle n_{\pi^0} \rangle \approx 1$, а затем начиная с $n_p = 3$ падает до $\langle n_{\pi^0} \rangle = 0,65$. Форма распределения почти не зависит от n_p .

Рис.5. Энергетические спектры $N(E_{k\pi^0})$ нейтральных пионов, рожденных в столкновениях отрицательно заряженных пионов с импульсом 3,5 ГэВ/с с ядрами ксенона. Индексы Т, F, В относятся соответственно к классам пионов, испущенных в любом направлении в переднюю полусферу и в заднюю полусферу. ΣN_{ev} - число исследуемых событий столкновения пион-ксенон.

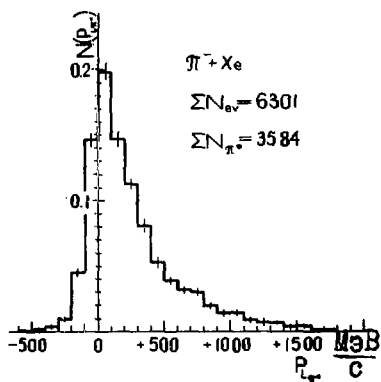
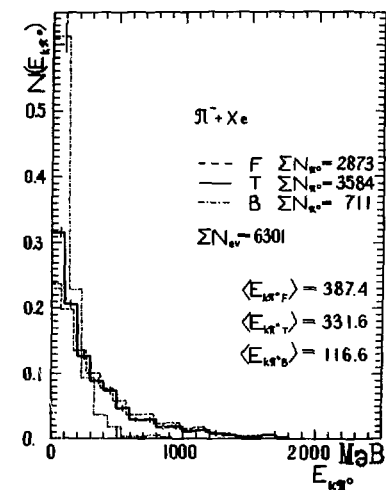


Рис.6. Зависимости средней кинетической энергии $\langle E_{k\pi^0} \rangle$ нейтральных пионов и нормированной дисперсии $D/\langle E_{k\pi^0} \rangle$ от кратности n_p испущенных протонов в столкновениях пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с. ΣN_{ev} - число случаев столкновения, включенных в распределения.

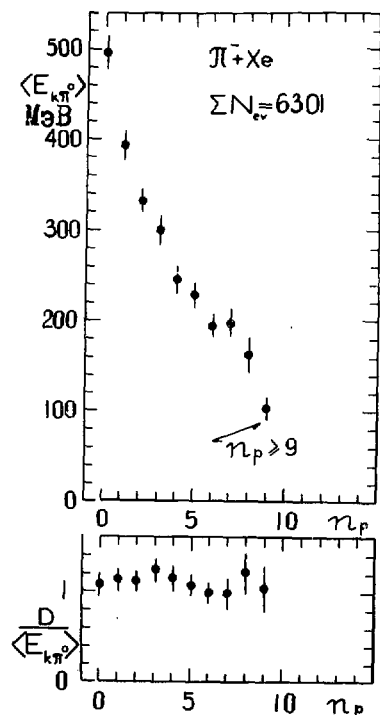


Рис.7. Распределение $N(P_{L\pi^0})$ продольных импульсов $P_{L\pi^0}$ нейтральных пионов, рожденных в столкновениях пионов с ядрами ксенона при импульсе 3,5 ГэВ/с. ΣN_{ev} - число случаев столкновения, ΣN_{π^0} - число нейтральных пионов, включенных в распределение. Среднее значение продольного импульса составляет $\langle P_{L\pi^0} \rangle = 286,3$ МэВ/с.

2. Около 20% всех рожденных нейтральных пионов испускается в заднюю полусферу. Кинетическая энергия нейтральных пионов, испущенных в заднюю полусферу, в среднем составляет $\langle E_{k\pi^0B} \rangle = 116,6$ МэВ; средняя кинетическая энергия нейтральных пионов, испущенных в переднюю полусферу, $\langle E_{k\pi^0F} \rangle = 387,4$ МэВ.

3. Энергетический спектр нейтральных пионов гладкий; энергетические спектры нейтральных пионов, испущенных в переднюю и в заднюю полусферы, различны /рис.5/.

4. Средняя кинетическая энергия $\langle E_{k\pi} \rangle$ нейтральных пионов уменьшается с ростом кратности n_p испущенных быстрых протонов /рис.6/.

5. Продольная составляющая импульса нейтральных пионов $P_{L\pi^0}$ принимает значения в основном от -600 до $+1800$ МэВ/с /рис.7/; распределение продольной составляющей импульса нейтральных пионов имеет максимум в пределе $0-100$ МэВ/с, среднее значение $\langle P_{L\pi^0} \rangle = 286,3$ МэВ/с.

6. Среднее значение продольной составляющей импульса нейтральных пионов уменьшается с ростом кратности n_p испущенных быстрых протонов от $\langle P_{L\pi^0} \rangle = 465$ МэВ/с при $n_p = 0$ до $\langle P_{L\pi^0} \rangle \approx 90$ МэВ/с при $n_p = 8$ /рис.8/.

7. Спектр $N(P_{T\pi^0})$ поперечных составляющих импульсов нейтральных пионов гладкий, распространяется от 0 примерно до 1300 МэВ/с, имеет максимум при $200 \div 300$ МэВ/с /рис.9/. Среднее значение поперечного импульса составляет $\langle P_{T\pi^0} \rangle = 238,1$ МэВ/с, дисперсия - 180,5 МэВ/с.

8. Среднее значение поперечного импульса нейтральных пионов уменьшается заметно с ростом кратности n_p испущенных быстрых протонов от $\langle P_{T\pi^0} \rangle = 270$ МэВ/с при $n_p = 0$ до $\langle P_{T\pi^0} \rangle \approx 170$ МэВ/с при $n_p = 8$ /рис.10/.

9. Среднее значение косинуса угла испускания нейтральных пионов $\langle \cos \theta_{\pi^0} \rangle$ уменьшается быстро с ростом кратности n_p испущенных быстрых протонов от значения $\langle \cos \theta_{\pi^0} \rangle \approx 0,64$ при $n_p = 0$ до значения $\langle \cos \theta_{\pi^0} \rangle \approx 0,20$ при $n_p = 8$ /рис.12/.

Рис. 8. Зависимости средних импульсов $\langle P_{L\pi^0} \rangle$ нейтральных пионов и нормированных дисперсий $D/\langle P_{L\pi^0} \rangle$ от кратности испущенных быстрых протонов в столкновениях пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с. ΣN_{ev} - число случаев столкновения, ΣN_{π^0} - число нейтральных пионов, включенных в распределения.

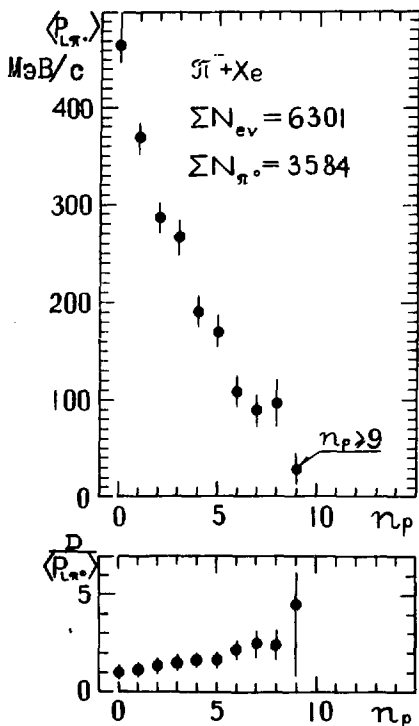


Рис. 10. Зависимости среднего поперечного импульса $\langle P_{T\pi^0} \rangle$ нейтральных пионов и нормированной дисперсии $D/\langle P_{T\pi^0} \rangle$ от кратности n_p испущенных быстрых протонов в столкновениях пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с. ΣN_{ev} - число случаев столкновения, использованных в распределениях.

Рис. 9. Распределение $N(P_{T\pi^0})$ поперечных импульсов $P_{T\pi^0}$ нейтральных пионов, рожденных в столкновениях пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с. ΣN_{ev} - число случаев столкновения; ΣN_{π^0} - число нейтральных пионов, включенных в распределение. Среднее значение поперечного импульса нейтральных пионов составляет $\langle P_{T\pi^0} \rangle = 238,1$ МэВ/с, дисперсия - 180,5 МэВ/с.

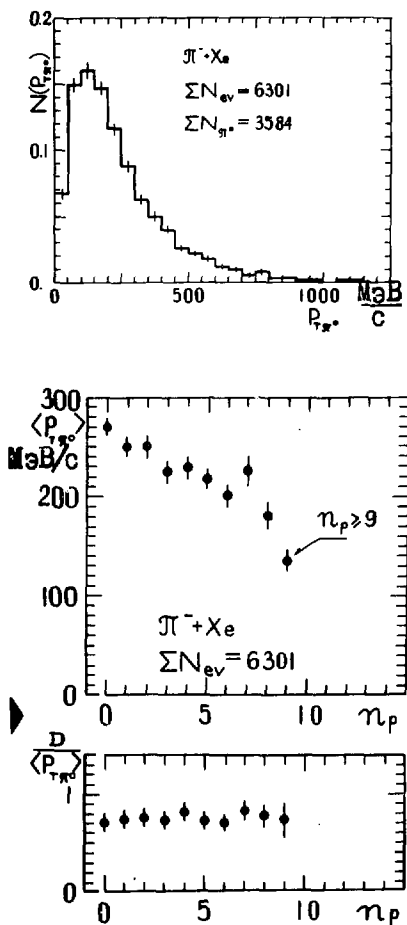


Рис.11. Распределение $N(\cos \theta_{\pi^0})$ косинусов углов испускания нейтральных пионов θ_{π^0} в столкновениях пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с. ΣN_{ev} - число случаев столкновения; ΣN_{π^0} - число нейтральных пионов, использованных в распределении. Среднее значение косинуса угла испускания нейтрального пиона составляет $\langle \cos \theta_{\pi^0} \rangle = 0,4527$, дисперсия - 0,5249.

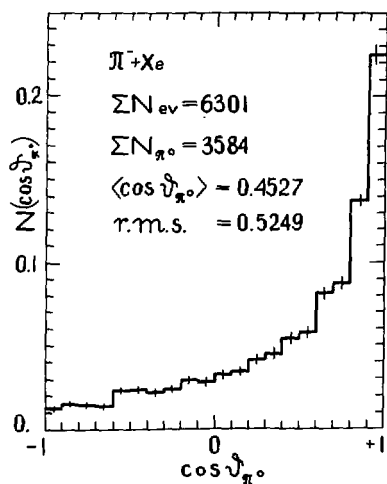
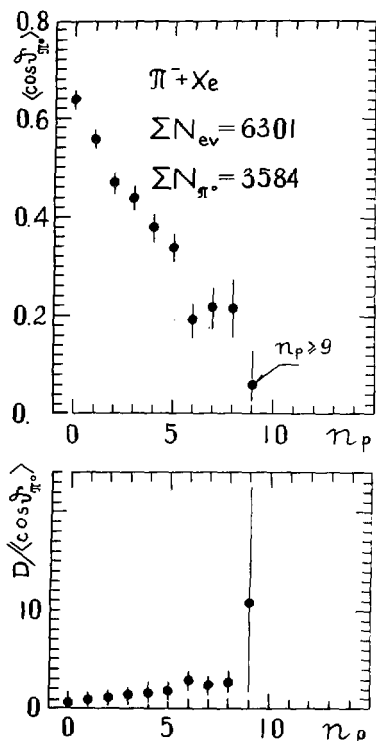


Рис.12. Зависимости средних значений косинуса угла испускания нейтральных пионов $\langle \cos \theta_{\pi^0} \rangle$ и нормированных дисперсий $D/\langle \cos \theta_{\pi^0} \rangle$ от кратности n_p быстрых протонов, испущенных в столкновениях пион-ксенон при импульсе 3,5 ГэВ/с. ΣN_{ev} - число столкновений; ΣN_{π^0} - число нейтральных пионов, использованных в распределениях.



ЛИТЕРАТУРА

1. Стругальский З. и др. ОИЯИ, Р1-83-68, Дубна, 1983.
2. Стругальский З. и др. ОИЯИ, Р1-83-237, Дубна, 1983.

3. Кузнецов Е.В. и др. Приборы и техника эксперимента, 1970, 2, с. 56.
4. Ивановская И.А. и др. Приборы и техника эксперимента, 1961, 6, с. 26; Стругальский З., ПИЯИ, Р13-6406, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 августа 1983 года

Стругальский З. и др.

P1-83-568

Экспериментальные исследования столкновений пион-ксенон при 3,5 ГэВ/с. Рождение нейтральных пионов

Проведены экспериментальные исследования рождения нейтральных пионов в столкновениях пион-ксенон при 3,5 ГэВ/с. Обнаружено, что: 1/ средняя кратность нейтральных пионов меняется с ростом кратности испущенных быстрых протонов; 2/ около 20% всех рожденных нейтральных пионов испускается в заднюю полусферу; 3/ энергетический спектр нейтральных пионов гладкий; 4/ продольная составляющая импульса нейтральных пионов принимает в основном значения от -600 МэВ/с до +1800 МэВ/с; 5/ среднее значение поперечного импульса нейтральных пионов изменяется заметно с ростом кратности испущенных быстрых протонов от ~ 270 до ~ 170 МэВ/с; 6/ среднее значение косинуса угла испускания нейтральных пионов быстро уменьшается с ростом кратности испущенных протонов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Strugański Z. et al.

P1-83-568

Experimental Study of the Pion-Xenon Nucleus Collisions at 3.5 GeV/c. Neutral Pion Production

Experimental investigations of the neutral pion production are performed in pion-xenon collisions at 3.5 GeV/c. It is obtained that: 1/ the average neutral pion multiplicity changes with the multiplicity of the protons emitted; 2/ nearly 20% of the pions produced are emitted into the backward hemisphere; 3/ the energy spectrum of the neutral pions is smooth; 4/ the longitudinal component of the neutral pion momentum changes within the limits from -600 MeV/c to +1800 MeV/c; 5/ the average value of the transversal component of the neutral pion momentum changes markedly with the multiplicity of the protons emitted from ~ 270 to ~ 170 MeV/c; 6/ the average value of the cosine of the neutral pion emission angle decreases with the multiplicity of the protons emitted.

The Investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой

12 коп.

Редактор Н. Н. Зрелова. Макет Н. А. Киселевой.
Набор И. Г. Андреевой.

Подписано в печать 19.09.83.
Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 0,79.
Тираж 520. Заказ 33475.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Дубна Московской области.