

0-924

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



3504 / 2-76

6/ix-76

P1 - 9691

Л.С.Охрименко, Б.Словинский, З.Стругальский

ЭМИССИЯ π^0 -МЕЗОНОВ

В $\pi^- + \text{Xe}$ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 3,5 ГЭВ/С
И ВОПРОС

О ВНУТРИЯДЕРНОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ МИШЕНИ

1976

P1 - 9691

Л.С.Охрименко, Б.Словинский, З.Стругальский

ЭМИССИЯ π^0 -МЕЗОНОВ

В $\pi^- + \text{Xe}$ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 3,5 ГЭВ/С
И ВОПРОС

О ВНУТРИЯДЕРНОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ МИШЕНИ

Направлено в ЯФ

В столкновениях быстрых частиц с атомными ядрами, приводящих к рассеянию падающей частицы на малые углы или рождению другой частицы, эмиттируемой под небольшим углом, основной вклад вносят однократные взаимодействия с ядерными подструктурами /нуклонами/, происходящие главным образом на периферии ядра-мишени ^{/1/}. Можно ожидать, что аналогичная картина в существенной степени сохранится и в случае не очень больших энергий взаимодействия /порядка нескольких ГэВ/ и значительно больших углов рассеяния $\leq 40^\circ$ ^{/2/}, а также в случае образования нескольких частиц ^{/3/}.

Исследование простейших взаимодействий быстрых частиц с атомными ядрами, так называемых квазисвободных взаимодействий, представляет особый интерес с точки зрения изучения ядерных структур, например, энергетических уровней ядра-мишени ^{/4/}. Взаимодействия этого типа были нами ранее использованы и для выделения внутриядерной эффективной мишени, с которой произошло столкновение ^{/5/}. В результате двухмерного распределения π^0 -мезонов из реакции $\pi^+ + \text{Xe} \rightarrow \pi^0 + p + A'$ при 2,34 ГэВ/с по углу эмиссии Θ_{π^0} и полной энергии E_{π^0} в л.с.к. была обнаружена значительная коллимация их эмиссии в интервале значений $\Theta_{\pi^0} \approx 5^\circ \div 25^\circ$ и $E_{\pi^0} \geq 1500$ МэВ, кинематически соответствующая столкновению первичного π^+ -мезона с внутриядерной эффективной мишенью, масса которой по порядку величины совпадает с массой пикона. На основании полученных результатов нами был сделан вывод о реальном существовании π -мезонов внутри ядра ^{/6/}.

В настоящей работе проведено исследование угловых и энергетических распределений π^0 -мезонов, эмиттируе-

мых в $\pi^- + \text{Xe}$ взаимодействиях при 3,5 ГэВ/с. Целью анализа является, как и ранее⁵, выделение эффективной внутриядерной мишени, соответствующей эмиссии изучаемых π^0 -мезонов. Работа выполнена на снимках со 180-литровой ксеноновой пузырьковой камеры ИТЭФ /далее в тексте КПК/, облученной в пучке π^- -мезонов с импульсом 3,5 ГэВ/с.

1. Метод исследования

В результате просмотра 200 тыс. снимков с КПК было найдено 1186 событий $\pi^- + \text{Xe}$ взаимодействий, сопровождающихся эмиссией двух гамма-квантов и не более чем одной заряженной частицы. Они в дальнейшем обозначены как

$$\pi^- + \text{Xe} \rightarrow 2\gamma + (N_{\gamma} = 0, 1). \quad /1/$$

В каждом из этих событий определялись значения энергий гамма-квантов по ранее описанной методике⁶, а также углы эмиссии гамма-квантов и заряженных частиц. Затем, как в нашей предыдущей работе⁵, вычислялись значения эффективных масс пар гамма-квантов и восстанавливались значения энергий и углов эмиссии соответствующих им π^0 -мезонов. В результате были выделены три канала $\pi^- + \text{Xe}$ взаимодействий, сопровождающихся эмиссией π^0 -мезонов и числом N_{γ} заряженных частиц: $N_{\gamma} = 0$, $N_{\gamma} = 1$, когда заряженная частица останавливалась в камере /далее в тексте: $N_{\gamma} = 1 \text{ stop}$ /, и $N_{\gamma} = 1$, когда заряженная частица уходила из камеры или испытывала вторичное взаимодействие. Канал реакции с $N_{\gamma} = 0$ в дальнейшем обозначен как

$$\pi^- + \text{Xe} \rightarrow \pi^0 + A', \quad /2/$$

где A' - остаточное ядро. Ранее было показано, что среди вторичных заряженных частиц, останавливающихся в камере, преобладают протоны, в то время как

примесь π^- -мезонов не превышает 3%/7/*. Примесь дейтронов и более тяжелых частиц составляет примерно 10%/8/. Поэтому канал реакции с $N_3=1$ stop обозначен как



Во взаимодействиях с $N_3=1$ преимущественно испускаются π^- -мезоны. Доля протонов с кинетической энергией $E_k \geq 350$ МэВ, которые уходят из камеры^{17/}, равна примерно 20%. Эти события обозначены следующим образом:



В таблице приведены числа выделенных событий $\pi^- + \text{Xe}$ взаимодействий и соответствующие им значения эффективных сечений.

Таблица

Числа N выделенных каналов $\pi^- + \text{Xe}$ взаимодействий при 3,5 ГэВ/с и соответствующие им значения эффективных сечений σ

Реакция	N	σ /мб/
$\pi^- + \text{Xe} \rightarrow 2\gamma + (N_3 = 0; 1)$	1186	40,9 \pm 2,6
$\pi^- + \text{Xe} \rightarrow \pi^0 + A'$	159	5,5 \pm 0,6
$\pi^- + \text{Xe} \rightarrow \pi^0 + p + A'$	178	6,1 \pm 0,6
$\pi^- + \text{Xe} \rightarrow \pi^0 + \pi^- + A'$	578	19,9 \pm 1,6

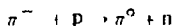
При определении значений эффективных сечений σ было использовано значение полного эффективного сечения

* π^+ -мезоны, останавливающиеся в камере, легко отличить от протонов по характерной цепочке распада $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^+$.

неупругих $\pi^- + \text{Xe}$ взаимодействий при 3,3 ГэВ/с: $\sigma_{in} = 1365 \pm 20$ мб^{19/}, а также результаты просмотра, выполненного нами ранее^{10/}.

2. Экспериментальные данные и их обсуждение

На рис. 1 представлено двухмерное распределение π^0 -мезонов из реакций /2/ и /3/ по углам Θ_{π^0} их эмиссии и полным энергиям E_{π^0} в л.с.к. На этом рисунке нанесена также кинематическая кривая, соответствующая π^0 -мезонам из реакции



/5/

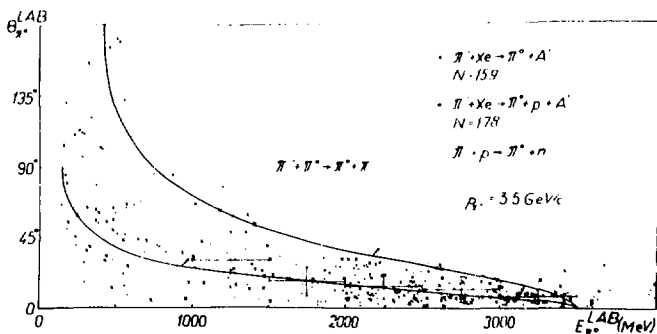


Рис. 1. Распределение по углу эмиссии Θ_{π^0} и полной энергии E_{π^0} в л.с.к. π^0 -мезонов, эммитируемых во взаимодействиях $\pi^- + \text{Xe} \rightarrow \pi^0 + A$ и $\pi^- + \text{Xe} \rightarrow \pi^0 + p + A$ при 3,5 ГэВ/с. Сплошными линиями нанесены кинематические кривые для π^0 -мезонов из реакций $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$ и $\pi^- + \pi^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^-$ при 3,5 ГэВ/с. Крестиками обозначены средние значения углов эмиссии π^0 -мезонов, соответствующие данному интервалу значений E_{π^0} , величина которого указана по оси абсцисс. По оси ординат у крестиков отложены значения дисперсии углового распределения π^0 -мезонов в данном энергетическом интервале.

при 3,5 ГэВ/с. Если принять гипотезу, что π^0 - мезоны, регистрируемые во взаимодействиях /2/, образуются в реакции перезарядки первичного π^- - мезона на квазисвободном протоне ядра ксенона, т.е.



то следовало бы ожидать, что экспериментальные точки будут группироваться вблизи кинематической кривой, соответствующей реакции /5/, с точностью до экспериментальных ошибок и фермиевских осцилляций внутриядерной протонной мишени /см., например, ⁵/. Несмотря на то, что число событий взаимодействий /2/ невелико, можно заметить, как и в случае реакции $\pi^+ + \text{Xe} \rightarrow \pi^0 + (\text{N}_3 = 0; 1 \text{ stop})$ при 2,34 ГэВ/с ⁵ что в среднем результаты измерений в значительно большей степени соответствуют кинематической кривой для реакции



при 3,5 ГэВ/с. Это относится в особенности к интервалу значений энергий $E_{\pi^0} \approx 1500 \text{ МэВ}$. Аналогичное соответствие наблюдается также в случае реакции /3/. На рис. 1 указаны крестиками средние значения углов эмиссии π^0 - мезонов, испускаемых в реакциях /2/ и /3/, вместе взятых, для пяти интервалов энергии π^0 - мезонов. По оси ординат у крестиков отложены значения дисперсии углового распределения π^0 - мезонов в данном интервале энергий. По оси абсцисс указана величина интервала энергии π^0 - мезонов.

На рис. 2 приведено двухмерное распределение π^0 - мезонов из реакции /4/ по углу эмиссии и полной энергии в л.с.к. Здесь также изображены две кинематические кривые, соответствующие реакциям /5/ и /7/ при 3,5 ГэВ/с. Как и в случае реакций /2/ и /3/, можно заметить значительную коллимацию экспериментальных точек вблизи кинематической кривой для рассеяния /7/.

Если не предполагать существования особого механизма, приводящего к коллимации эмиссии частиц, об-

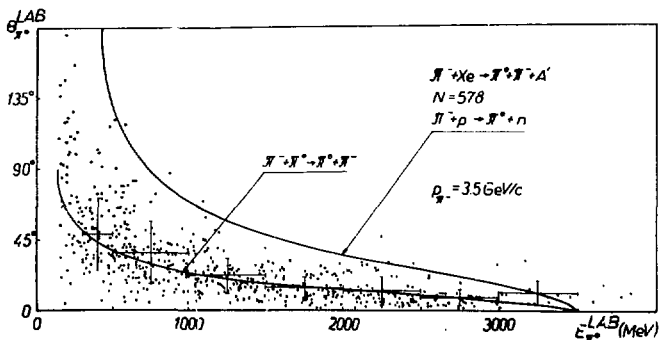
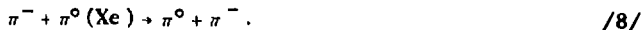


Рис. 2. То же, что на рис. 1, но для реакции $\pi^- + \text{Xe} \rightarrow \pi^0 + \pi^- + A'$ при 3,5 ГэВ/с.

разованных в столкновениях быстрых пионов с атомным ядром, то следовало бы заключить, что наблюдаемое явление может служить дальнейшим подтверждением ранее сделанного нами вывода о существовании реальных π -мезонов внутри ядра. Наблюдаемые в реакции /4/ π^0 - и π^- -мезоны можно было бы отождествить с пионами, возникшими после рассеяния /7/, согласно следующей гипотезе:



В отношении реакций /2/ и /3/ естественно было бы предположить, что рассеянный π^- -мезон претерпел вторичное взаимодействие с обменом заряда /реакция /2//, или, в предположении столкновения



один из нейтральных пионов мог поглотиться ядром с испусканием протона /реакция /3//. Такому предположению не противоречит отношение эффективных сечений реакции /3/ и /4/, которое равно $0,31 \pm 0,03$ и не отли-

чается от отношения вероятностей для предложенных гипотез: $Z^2 / AN = 0,29$, если принять, что число π^0 -мезонов в ядре пропорционально числу нейтронов, N , а число π^+ -мезонов пропорционально числу протонов, Z / A - атомное число ядра-мишени/. Однако таким образом нельзя добиться согласия с наблюдаемой величиной эффективного сечения для реакции /2/, что могло бы свидетельствовать о том, что вторичные процессы в этом случае не столь простые. Необходимо подчеркнуть, что взаимодействие быстрых адронов с атомными ядрами является весьма сложным процессом из-за сложности как ядерных структур и возможного проявления локальных свойств ядерной материи^{/11/}, так и самого механизма образования и эмиссии частиц в таких столкновениях. К уменьшению частоты эмиссии частиц, рождаемых во взаимодействиях с квазисвободными нуклонами ядра-мишени и испускаемых под большими углами, может также приводить эффект более сильного поглощения ядром таких частиц. Имея в виду большую весомость вывода о существовании реальных пионов внутри ядра, следует указать на необходимость дальнейшего детального исследования наблюдаемого нами экспериментального факта, состоящего в сильной корреляции между углами эмиссии и энергией π^0 -мезонов, кинематически соответствующей рассеянию на внутриядерной мишени, масса которой совпадает с массой π -мезона.

Литература

1. K.S.Kolbig, B.Margolis. *Nucl.Phys.*, B86, 85 /1968/; J.P.Auger, R.J.Lombard. *Nuovo Cim.*, 21A, No. 3, 529 /1975/.
2. T.Kohmura, T.Negishi. *Progr. of Theor. Phys.*, 51, No. 2, 518 /1974/.
3. Б.Словинский. *ЯФ*, 19, вып. 3, 595 /1974/.
4. G.Jacob, T.A.J.Muris. *Rev. of Mod. Phys.*, 38, No. 1, 121 /1966/; 45, No. 1, 6 /1973/.
5. B.Stowiński, Z.Strugalski, B.Sredniawa. *Report JINR, E1-9084, Dubna, 1975.*

6. З. Стругальский. Препринт ОИЯИ, Р-796, Дубна, 1961; Л.П. Коновалова, Л.С. Охрименко, З. Стругальский. ПТЭ, 6, 267 /1961/;
O. Czyżewski, J. Danysz, Z. Strugalski. Acta Phys. Polonica, 24, 509 /1963/;
М. Я. Борковский, С. П. Круглов. Препринт ЛИЯФ АН СССР №184, Ленинград, 1975; Б. Словинский, Б. Средняев, З. Стругальский. Препринт ОИЯИ, Р1-9198, Дубна, 1975.
7. Я. Плюта, З. С. Стругальский. Препринт ОИЯИ, Р1-7393, Дубна, 1975. Препринт ОИЯИ, Р1-7730, Дубна, 1974.
8. С. Пауэл, П. Фаулер, Д. Перкинс. Исследование элементарных частиц фотозмульсионным методом. ИЛ, М., 1962; В. С. Баргшенков, Б. Д. Тонеев. Взаимодействия высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами. Атомиздат, М., 1972; Ю. Д. Баюков и др. ЯФ, 18, 1245 /1973/.
9. И. И. Всробьев, Т. С. Веселовский, Л. С. Новиков, К. Н. Шишов. ЯФ, 17, № 3, 551 /1973/.
10. Л. С. Охрименко, Б. Словинский, З. С. Стругальский, А. Томашевич. ЯФ, 15, вып. 6, 1262 /1974/.
11. А. М. Балдин. Препринт ОИЯИ, Е2-9138, Дубна, 1975.

**Рукопись поступила в издательский отдел
7 апреля 1976 года.**