

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



3635/2-76

13/12-76

P1 - 9807

0 - 927

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

ОБРАЗОВАНИЕ π^0 -МЕЗОНОВ
В СОУДАРЕНИЯХ π -МЕЗОНОВ С ЯДРАМИ КСЕНОНА
ПРИ 2,34 И 3,5 ГЭВ/С
И ВОПРОС ОБ ЭФФЕКТИВНОЙ МИШЕНИ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

1976

P1 - 9807

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

ОБРАЗОВАНИЕ π^0 -МЕЗОНОВ
В СОУДАРЕНИЯХ π -МЕЗОНОВ С ЯДРАМИ КСЕНОНА
ПРИ 2,34 И 3,5 ГЭВ/С
И ВОПРОС ОБ ЭФФЕКТИВНОЙ МИШЕНИ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

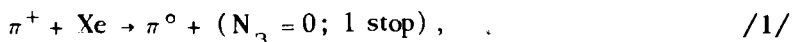
Направлено на XVIII Международную
конференцию по физике высоких энергий
(Тбилиси, 15-21 июля 1976 г.)

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

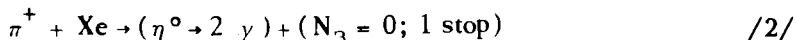
1. Введение

Взаимодействия частиц высоких энергий с атомными ядрами являются полезным источником информации о ядерных структурах. В частности, изучаются размеры ядер и функция плотности распределения нуклонов в ядрах^{/1/}, отношение плотности нейтронов и протонов в периферической области ядер^{/2/}, структура глубоколежащих энергетических уровней легких и средних ядер^{/3/}, фермиевское движение внутриядерных нуклонов^{/4,5/} и корреляции между нуклонами внутри ядра^{/6/}. Особый интерес вызывают исследования состава атомных ядер: кластерных ассоциаций^{/7/}, гиперядер^{/8/}, наличия барионных резонансов^{/9/}, а также, быть может, пионного газа^{/10/}. Широко обсуждается вопрос о так называемом Π -конденсате в средних и тяжелых ядрах^{/11/}. Определенное внимание уделяется также кварково-партонному подходу к вопросу о строении атомных ядер^{/12/}.

В настоящей работе приведены результаты исследования угловых и энергетических спектров π^0 -мезонов, испускаемых в π -Xe-взаимодействиях при 2,34 и 3,5 ГэВ/с. Изучались двумерные распределения π^0 -мезонов из реакций:



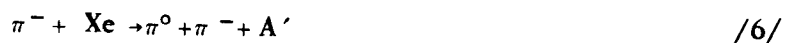
в которых зарегистрирована не более чем одна вторичная заряженная частица, останавливающаяся в камере,



и



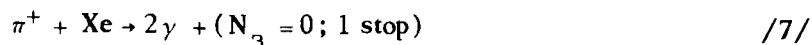
N_3 - число вторичных заряженных частиц, при 2,34 ГэВ/с, а также



при 3,5 ГэВ/с. Целью выполненного анализа является выделение внутриядерной эффективной мишени, в соударении с которой образуются π^0 -мезоны в рассмотренных каналах реакций. Работы выполнены с помощью 26-литровой и 180-литровой ксеноновых пузырьковых камер. Методические вопросы, касающиеся темы данной работы, изложены ранее ^{/10/}.

2. Эффективные сечения

В таблице приведены значения эффективных сечений каналов реакций /1/÷/6/, а также топологических каналов взаимодействий:



при 2,34 ГэВ/с, где π^+ наблюдалось не более одной вторичной заряженной частицы, останавливающейся в камере, и



при 3,5 ГэВ/с. Как было показано, взаимодействия рассматриваемого типа происходят главным образом

Таблица

Значения эффективных сечений σ различных каналов π -Xe взаимодействий при 2,34 и 3,5 ГэВ/с

Реакция	Импульс (ГэВ/с)	σ (мб)
$\pi^+ + \text{Xe} \rightarrow 2\gamma + (N_3 = 0; 1 \text{ stop})$	2,34	5,95±1,30
$\rightarrow \pi^0$	"	3,70±0,83
$\rightarrow \eta^0$	"	0,94±0,21
$\rightarrow \pi^0 + (N_3 \leq 4)$	"	410±25
$\pi^- + \text{Xe} \rightarrow 2\gamma + (N_3 = 0; 1)$	3,5	40,9±2,6
$\rightarrow \pi^0 + A'$	"	5,5±0,6
$\rightarrow \pi^0 + p + A'$	"	6,1±0,6
$\rightarrow \pi^0 + \pi^- + A'$	"	19,9±1,6

в периферической области ядра ксенона: с вероятностью ~0,5 они приходятся на интервал значений параметров соударения $\geq 0,8R_{\text{Xe}}$, R_{Xe} - радиус ядра ксенона ^{/13/}.

3. Корреляция между углами эмиссии и энергией π^0 -мезонов

На рис. 1 представлено двухмерное распределение π^0 -мезонов из взаимодействий /1/ по углу эмиссии Θ_{π^0} и энергии E_{π^0} -величинам, непосредственно и независимо измеряемым в эксперименте. Нанесены кинематические кривые, соответствующие реакции зарядового обмена



при 2,34 ГэВ/с, а также столкновениям π^+ -мезонов с мишенью, состоящей из двух, трех и четырех нуклонов, и с гипотетической мишенью, имеющей массу, равную 100, 80 и 40 МэВ. Видно, что экспериментально определенные значения $(\Theta_{\pi^0}, E_{\pi^0})$ коллимируются в интервале значений $\Theta_{\pi^0} \approx 5-15^\circ$, соответствующем эмиссии наблюдаемых π^0 -мезонов в соударениях π^+ -мезонов с внутриядерной эффективной мишенью, масса которой по порядку величины совпадает с массой π -мезона.

Аналогичный вывод следует из анализа двумерных распределений π^0 -мезонов по Θ_{π^0} и E_{π^0} из реакций /3/, /4/, /5/ и /6/. В качестве примера на рис. 2 показано распределение по Θ_{π^0} и E_{π^0} π^0 -мезонов из реакции /6/.

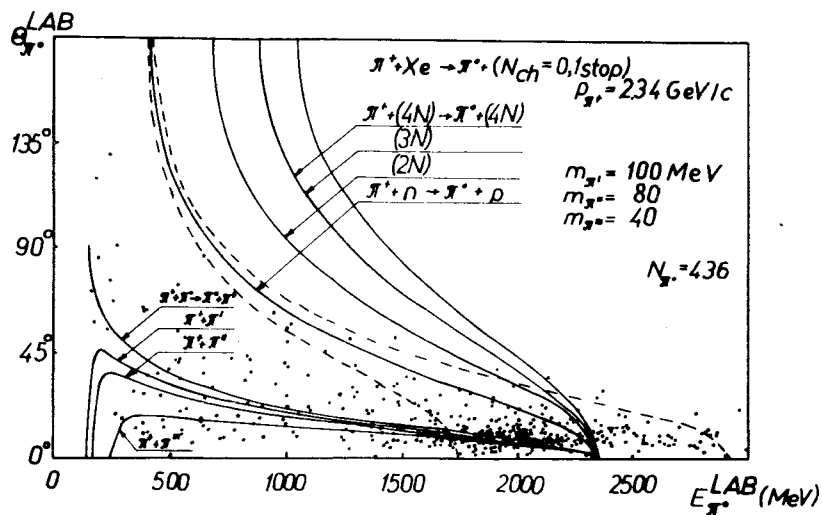


Рис. 1. Распределение π^0 -мезонов из реакции $\pi^+ + \text{He} \rightarrow \pi^0 + (N_3=0; 1\text{stop})$ при 2,34 ГэВ/с по углу эмиссии и полной энергии в лабораторной системе отсчета. Кинематические кривые, соответствующие реакциям, перечисленным на рисунке, обозначены сплошными линиями. Пунктирные кривые ограничивают область допустимых значений энергий и углов эмиссии, которые должно принимать $\sim 90\%$ π^0 -мезонов в случае их образования на нуклонах, для которых функция плотности вероятности распределения по импульсам имеет вид $\exp(-p^2/2p_0^2)$, $p_0 = 200$ МэВ/с.

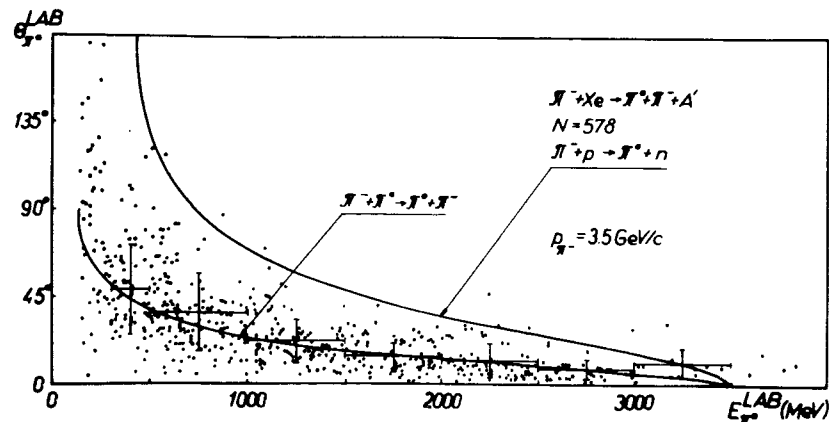


Рис. 2. То же, что и на рис. 1, но для реакции $\pi^- + \text{He} \rightarrow \pi^0 + \pi^- + A'$, A' - остаточное ядро, при 3,5 ГэВ/с. Крестами отмечены средние значения углов эмиссии π^0 -мезонов, соответствующие указанным интервалам значений энергий E_{π^0} . По оси абсцисс обозначены /у крестов/ значения дисперсии распределений π^0 -мезонов по углам эмиссии, соответствующие данным интервалам ΔE_{π^0} .

Крестами обозначены средние значения Θ_{π^0} , соответствующие указанным по оси ординат интервалам ΔE_{π^0} значений E_{π^0} . По оси абсцисс отмечены значения дисперсии распределений углов эмиссии Θ_{π^0} , относящихся к данному интервалу ΔE_{π^0} . Видно, что экспериментальные результаты кинематически соответствуют образованию исследуемых π^0 -мезонов в столкновениях первичных π^- -мезонов с эффективной мишенью, масса которой совпадает с массой пиона.

4. Обсуждение экспериментальных результатов

Естественным образом возникает вопрос о сущности наблюдаемого явления, состоящего в корреляции углов эмиссии и энергии π^0 -мезонов, кинематически соответствующей столкновению падающих π -мезонов с эффективной мишенью, масса которой совпадает с массой

пиона. Речь может идти о π -мезонах как структурных элементах периферической области атомных ядер аналогично тому, как, например, в вопросе о существовании изобар в ядрах^{/9/} или гиперядер. В данном аспекте следовало бы усматривать связь наблюдаемого эффекта с широко обсуждаемым в литературе вопросом о Π -конденсате, который может возникать в центральной области достаточно тяжелых ядер, где плотность ядерного вещества превышает некоторую критическую величину^{/11/}. На объяснение обсуждаемого явления может также претендовать механизм однопионного обмена во взаимодействии первичных π -мезонов с квазисвободными нуклонами ядра ксенона, тем более, что в области энергии взаимодействия порядка нескольких $\Gamma\text{эВ}$ этот механизм хорошо соответствует экспериментальным данным. Подтверждением этому может быть тот факт, что значение эффективного сечения процесса перезарядки π^- -мезонов на протонах при $2,39 \text{ ГэВ/с}$, $\sigma = 0,60 \pm 0,03 \text{ мб}^{/14/}$, хорошо согласуется с аналогичным значением для процесса $\pi^+ + n_{\text{Xe}} \rightarrow \pi^0 + p$ при $2,34 \text{ ГэВ/с}$ на квазисвободных нейтронах ядра ксенона, $\sigma_{\text{Xe}} = 3,05 \pm 0,75 \text{ мб}^{/10/}$, если учесть, что ядро ксенона эквивалентно при этом ~ 5 квазисвободным нейтронам^{/13,15/}.

Для окончательного решения вопроса о природе пионной мишени требуются дальнейшие экспериментальные исследования, в том числе с использованием различных ядер, а также при более высоких энергиях взаимодействия, где предсказания модели однопионного обмена существенно расходятся с экспериментальными данными.

В заключение целесообразно отметить, что относительно большие значения эффективных сечений изучаемых каналов реакций, в которых проявляется пионная мишень, указывают на то, что столкновения π -мезонов с атомными ядрами могут быть весьма полезны с точки зрения исследования $\pi\pi$ -взаимодействий.

Литература

1. J.P. Auger, R.J. Lombard. *Nucl. Phys.*, 21A, 529 /1974/.
2. Z.S. Strugalski. *Nucl. Phys.*, 87, 280 /1966/;
S.A. Gupta et al. *Nucl. Phys.*, B70, 414 /1974/.

3. G. Jacob, Th.A.J. Maris. *Rev. Mod. Phys.*, 38, 121 /1966/; 45, 6 /1973/.
4. M. Kobberling et al. *Nucl. Phys.*, A231, 504 /1974/;
E.J. Moniz et al. *Phys. Rev. Lett.*, 26, 445 /1971/.
5. Б.Словинский, Б.Среднява, З.Стругальский. *Препринты ОИЯИ*, P1-9350, Дубна, 1975; P1-9413, Дубна, 1975.
6. O. Kofoed Hansen. *Report CERN-TH-1860*, Geneva, 1974.
7. Y. Akaishi et al. *Progr. Theor. Phys., Suppl.*, No. 52, 339 /1972/.
8. Y. Kawazoe et al. *Progr. Theor. Phys.*, 54, 1394 /1975/.
9. R. Beurtey. In: *High-Energy Physics and Nuclear Structure - 1975 (Santa-Fe and Los Alamos)*. American Institute of Physics, p. 653.
10. B. Stowinski, Z. Strugalski, B. Sredniawa. *JINR*, E1-9084, Dubna, 1975; P1-9691, Dubna, 1975.
11. А.Б. Мугдал, Н.А. Кириченко, Г.А. Сорокин. *Письма в ЖЭТФ*, 19, 326 /1974/; Э.Е. Саперштейн, М.А. Троицкий. *ЯФ*, 22, 257 /1976/; Н.А. Кириченко. *ЖЭТФ*, 68, 1997 /1975/.
12. R.G. Arnold et al. *Phys. Rev. Lett.*, 35, 776 /1975/;
A.V. Efremov. *JINR*, E2-9529, Dubna, 1976.
13. Б.Словинский. *ЯФ*, 19, 598 /1974/.
14. J.F. Nelson et al. *Phys. Lett.*, 47B, 281 /1973/.
15. Я.Я. Воробьев и др. *ЯФ*, 17, 551 /1975/.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 мая 1976 года.