

ОЦЕНКА СЕЧЕНИЙ РЕАКЦИИ $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$ ОКОЛО ПОРОГА

М.М.Макаров, В.П.Коптев, В.В.Нелюбин, Г.З.Обрант, В.В.Саранцев,
Л.Н.Ткач, М.И.Трухин

Приводится экспериментальная оценка сечений реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$ при энергиях 190 и 200 Мэв.

Знание сечений реакций $\pi N \rightarrow \pi \pi N$ в околороговой области помимо самостоятельного значения представляет интерес с точки зрения сравнения с результатами, следующими из алгебры токов [1], и с феноменологическим анализом реакций [2]. Однако, получение информации о сечениях в областях близких к порогу чрезвычайно затруднено малостью самих сечений. Так для реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$ (порог равен 172,4 Мэв) наиболее близкое к порогу измерение сечения было сделано при энергии 215 Мэв [3]. Обычно в околороговой области энергий сечение измеряется трековой методикой (пузырьковые камеры, фотозмульсии) и главная трудность заключается в том, что через трековые приборы невозможно пропустить большой поток падающих частиц.

Возможность проведения эксперимента основана на том, что в фотозмульсиях ионизационные потери пучка налетающих π -мезонов и вторичных, образующихся при взаимодействии π -мезонов, существенно различаются. Это различие увеличивается по мере приближения к порогу реакции и отношение ионизации вторичных π -мезонов для центральной части спектра к ионизации первичных пучковых π -мезонов равно 3,5 при энергии пучка 190 Мэв и 2,7 при энергии 200 Мэв. Следовательно, если изготовить или проявить эмульсию таким образом, чтобы она "не чувствовала" релятивистские налетающие π -мезоны, но эффективно регистрировала вторичные π -мезоны с трехкратной ионизацией, то возможно пропустить через эмульсию пучок частиц, значительно превышающий обычно допустимый.

Эксперимент был выполнен на синхроциклотроне Ленинградского института ядерной физики при двух энергиях π -мезонов. Пучки π -мезонов имели следующие параметры:

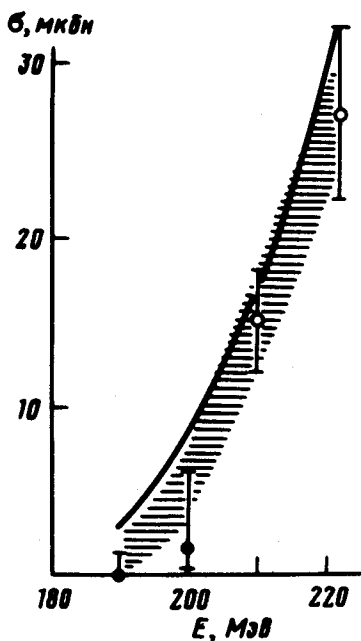
$$E_{\text{кин}} = 200 \pm 3 \text{ Мэв} \quad \text{и} \quad 210 \pm 3 \text{ Мэв},$$

$$\Delta p / p = 6\%, \quad \text{угловой разброс} \pm 1^\circ.$$

Примесь μ -мезонов и электронов в π -мезонном пучке определялась по времени пролета с точностью 1%. Были облучены две эмульсионные камеры размером $5 \times 5 \times 4 \text{ см}^3$. Облучение производилось параллельно плоскости эмульсии. Поток частиц измерялся двумя сцинтилляционными счетчиками, включенными на совпадение. Равномерность облучения контролировалась пропорциональными камерами. Эмульсионные камеры состояли из слоев эмульсии БР-2 толщиной 200 и 400 мк. Для снижения чувствительности эмульсии проявлялись специальным способом (разработанный способ проявления отличается от стандартно-

го понижением концентрации ионов водорода в растворе и позволяет плавно регулировать скорость реакции проявления). Это позволило пропустить через эмульсию потоки π -мезонов $\sim 1,5 \cdot 10^7 \text{ см}^{-2}$, что почти на два порядка величины превышает обычный поток при облучении фотоэмульсий. Энергии пучков π -мезонов, усредненные по исследуемому объему эмульсии равнялись 190 и 200 Мэв. Эффективность регистрации вторичных π -мезонов проверялась в специальном эксперименте при облучении аналогичных камер π -мезонами более высоких энергий и составляет 90% для π -мезонов с энергией 14 Мэв — эта энергия соответствует центральной части спектра образующихся π -мезонов.

Поиск случаев образования мезонов производился по характерному $\pi^+ \rightarrow \mu^+$ -распаду. Угловое распределение вторичных π -мезонов в лабораторной системе имеет направленность вперед в предположении статистической теории их рождения, что, очевидно, выполняется вблизи порога. Поэтому для поиска случаев рождения пионов использовался объем эмульсии соответствующий рождению π -мезонов с максимальной энергией.



Сечение реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$: ● — результаты данной работы, ○ — результаты работы [3]; кривая — результаты расчета [8], заштрихованная область — ограничение на сечение, следующее из изотопической инвариантности

Всего было найдено около 2000 π^+ -мезонов. Следы π^+ -мезонов прослеживались до родительских звезд, которые анализировались. Найденные π^+ -мезоны могли быть образованы во взаимодействии π^- -мезонов с нуклонами (исследуемый процесс) или ядрами фотоэмульсии, либо быть следствием двойной перезарядки π^- -мезонов на ядрах. При анализе родительских звезд [4] оказалось, что нет ни одного случая, соответствующего реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$ при энергии 190 Мэв и только один случай — при энергии 200 Мэв.

Для того, чтобы определить сечение реакции были учтены эффективность поиска π^+ -мезонов, эффективность прослеживания, ослабление пучка π -мезонов при прохождении эмульсии. Величина поправки за счет вклада фоновых событий была взята равной 20% по данным работы [5]. Сечение реакции при энергии 200 Мэв равно $1,6_{-1,2}^{+4,7} \text{ мкбн}$, а

верхняя граница сечения при энергии 190 Мэв равна 1,3 мкбн на 90-процентном уровне достоверности. Полученные значения сечений приведены на рисунке вместе с результатами работы [3].

Околопороговые сечения реакций $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ могут использоваться в алгебре токов для проверки различных вариантов теории [1, 6] и с целью определения параметра ξ , нарушающего киральную симметрию. К сожалению, различные подходы в алгебре токов — метод феноменологического лагранжиана и метод коммутаторов токов — приводят к разным результатам [6]. Если использовать формулы [6] и данные, представленные на рисунке, а также результаты работ [5, 7] по измерению сечений в реакциях $\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-n$ и $\pi^-p \rightarrow \pi^0\pi^0n$ при несколько более высоких энергиях (до 280 Мэв), то оказывается, что в методе феноменологического лагранжиана невозможно описать экспериментальные данные ни при каком значении ξ ($\chi^2/n = 8,2$, где n — число степеней свободы). Это указывает либо на неудачную форму лагранжиана, либо на необходимость использования данных при более низких энергиях. В методе коммутаторов тока с использованием тех же экспериментальных данных получается величина $\xi = 2$ при значении $\chi^2/n = 2,1$. Более тщательный расчет методом коммутаторов тока сделан Чангом [8] для случая $\xi = 0$, результаты которого приведены на рисунке.

Околопороговое значение сечений можно получить, используя изоспиновые соотношения между сечениями реакций $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ и предполагая полиномиальную зависимость их от энергии [2]. Можно воспользоваться результатами работы [2], где эта задача решалась для области энергий 300 — 500 Мэв, и продолжить полученное решение до порога образования мезонов. В этом случае при использовании экспериментальных данных в интервале энергий 210 — 400 Мэв получается область допустимых значений реакции $\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-n$, указанная на рисунке. Как видно, полученные в данной работе сечения не противоречат изотопической инвариантности.

Институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
28 июля 1976 г.

Литература

- [1] M.Olsson, L.Turner. Phys. Rev. Lett., 20, 1127, 1968.
- [2] М.М.Макаров, Г.З.Обрант, В.В.Саранцев. ЯФ, 17, 170, 1973.
- [3] Ю.А.Батусов и др. ЯФ, 1, 526, 1965.
- [4] М.М.Макаров, Н.С.Гасилова, В.В.Нелюбин, В.В.Саранцев, Л.Н.Ткач. Письма в ЖЭТФ, 16, 518, 1972.
- [5] Ю.А.Батусов и др. ЯФ, 21, 308, 1975.
- [6] R.Rockmore. Phys. Rev. Lett., 35, 1408, 1975.
- [7] А.В.Кравцов и др. ЯФ, 30, 942, 1974.
- [8] L.N.Chang. Phys. Rev., 162, 1497, 1967.