

0-36



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

К.О. Оганесян, В.А. Ямба

P - 1334

СПЕКТРЫ ЗАРЯЖЕННЫХ МЕЗОНОВ
ПОД УГЛОМ 90° ОТ (n-p)-СОУДАРЕНИЙ
ПРИ ЭНЕРГИИ НЕЙТРОНОВ ≈ 600 МЭВ

неЭТФ, 1963, т 45, в 6, с 1835-1838.

Дубна 1963

К.О. Оганесян, В.А. Ямба

P - 1334

2040/3 48.

СПЕКТРЫ ЗАРЯЖЕННЫХ МЕЗОНОВ
ПОД УГЛОМ 90° ОТ (n-p)-СОУДАРЕНИЙ
ПРИ ЭНЕРГИИ НЕЙТРОНОВ ≈ 600 МЭВ

Дубна 1963

Исследование процессов образования заряженных мезонов в соударениях нейтронов с протонами связано со значительными трудностями, обусловленными относительно малыми интенсивностями нейтронных пучков от ускорителей и небольшими сечениями этих процессов. Некоторые осложнения возникают также при интерпретации результатов опытов вследствие широкого энергетического распределения нейтронов.

Поэтому изучению реакций



посвящено небольшое число работ. В то же время исследование реакций (1) представляет интерес, так как только их изучение может дать информацию о величине сечения σ_{01} (классификация, введенная Розенфельдом^{/1/}) — одного из трех парциальных сечений, используемых в феноменологической резонансной теории процессов образования мезонов в нуклон-нуклонных соударениях.

Спектры мезонов в реакциях (1) исследовались методом ядерных фотопластинок при энергиях нейтронов 400 Мэв^{/2/} и 800 Мэв^{/3/}. При этом в работе^{/2/} было получено энергетическое распределение π^+ и π^- мезонов под углом 90° . В работе^{/3/} трудности, связанные с использованием одиночных фотопластинок и тормозящих фильтров, не позволили получить надежных данных об указанных спектрах.

Наиболее полные данные о реакциях (1) при энергии ≈ 800 Мэв в широком интервале углов были получены с помощью магнитного спектрометра. Предварительные результаты этой работы уже опубликованы^{/4/х)}. При использовании электронной методики в результате измерений спектров π^- -мезонов приходится вводить ряд поправок на регистрацию аппаратурой протонов, μ^- -мезонов и электронов. Наибольшей из этих поправок является поправка, учитывающая примесь электронов на больших углах измерений. Вследствие этого точность измерений спектров π^- -мезонов в низкоэнергичной части под этими углами существенно снижается.

В настоящей работе с целью повышения достоверности данных в указанной области углов независимым путем с помощью фотоэмульсионной камеры были произведены измерения спектров π^\pm -мезонов под углом 90° в лабораторной системе. Этот метод фотоэмульсионной камеры позволил более надежно изучать низкоэнергичные части спектров мезонов на угле 90° и продвинуться в сторону несколько меньших энергий регистрируемых π^- -мезонов.

Эксперимент проводился на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Схема опыта показана на рис. 1. Пучок нейтронов проходил через коллиматор диаметром 50 мм в четырехметровой бетонной стене. На пути нейтронного пучка устанавливалась жидководородная мишень-дьюар, ранее использовавшаяся в работе^{/4/}. Мезоны, испущенные из

х) Подробная статья готовится в настоящее время к печати.

мишени под углом 90° к направлению пучка нейтронов отбирались при помощи свинцового коллиматора, имеющего форму шели длиной 125 мм и сечение $10 \times 100 \text{ мм}^2$, и регистрировались фотоэмульсионной камерой. Эмульсионная камера состояла из 20 слоев фотоэмульсии типа НИКФИ-Р толщиной 400 микрон и размером $100 \times 100 \text{ мм}^2$. На слой была нанесена маркировка^{/5/}, что позволяло проследить следы, образованные мезонами в камере. Угловое разрешение детектора составляло $\pm 1,5^\circ$. Наполненная водородом мишень облучалась 7 часов при интенсивности нейтронного пучка $\approx 10^5$ нейтр./см²сек.

Энергия мезонов, входящих в эмульсионную камеру, определялась по пробегу в фотоэмульсии с учетом многократного кулоновского рассеяния. Пороговая энергия регистрируемых мезонов составляла 18 Мэв и определялась количеством вещества на пути мезонов до входа в эмульсионную камеру. Обработанные фотослои просматривались дважды и независимо под микроскопом с увеличением $7 \times 10 \times 1,5$. Просмотрено 4 слоя, в которых зарегистрировано 312 остановок π^+ -мезонов и 1238 остановок π^- -мезонов (безлучевые остановки π^- -мезонов не регистрировались). Эффективности регистрации π^+ и π^- -мезонов в нашем случае практически одинаковы и составляют $\approx 0,7$. ($\epsilon_{\pi^+} = 0,74 \pm 0,08$; $\epsilon_{\pi^-} = 0,68 \pm 0,08$). Найденные π^- -мезоны прослеживались от точки остановки на пути 10–15 мм вдоль следа, т.е. до места, где энергия π^- -мезона уже составляла 20–25 Мэв и многократное кулоновское рассеяние становится незначительным. При этом, если след мезона не "смотрел" на мишень через свинцовый коллиматор, то он отбрасывался как фоновый. В результате прослеживания осталось 424 π^+ и 328 π^- -мезонов, которые отнесены к мезонам, образованным в водородной мишени. Для определения надежности такого отбора была прослежена часть мезонов разных энергий до полного выхода их из камеры. При этом оказалось, что возможная ошибка в отборе мезонов, выходящих из водородной мишени, не превышает 5%.

В тех же геометрических условиях проводился эксперимент с мишенью без водорода. Из этой камеры просмотрен 1 слой, и проведено аналогичное прослеживание. Направленный фон от пустой мишени одинаков для π^+ и π^- -мезонов и составляет $\approx 20\%$.

При построении энергетических спектров π^- -мезонов вводились поправки на телесный угол детектора и на выбивание π^+ -мезонов из-за ядерного взаимодействия в эмульсии^{/6/}.

Отношение выхода π^+ и π^- -мезонов от $(n-p)$ -соударений с учетом всех поправок в нашем случае равно $0,94 \pm 0,10$. При вычислении этого отношения учитывалась поправка на "безлучевые" остановки π^- -мезонов, которые составляют для эмульсии $\approx 27\%$ ^{/7/}. Полученное отношение согласуется с результатами работы^{/4/} и указывает на отсутствие заметной интерференции между амплитудами, соответствующими парциальным сечениям σ_{01} и σ_{11} .

Энергетические спектры π^+ -мезонов в лабораторной системе представлены на рис.2 в относительных единицах. Найденные в настоящей работе спектры π^+ -мезонов в пределах ошибок согласуются с результатами, полученными методом магнитного спектрометра в работе^{/4/}. Несколько меньший энергетический порог регистрируемых мезонов и большая точность измерений в низкоэнергетической части спектра позволяют точнее проследить форму спектра мезонов в этой области по сравнению с результатами, полученными электронной методикой. В пределах ошибок опыта спектры π^+ и π^- -мезонов одинаковы.

Найденные спектры π^- -мезонов относятся к спектру нейтронов, имеющему широкое энергетическое распределение^{/8/}. Однако, как показывает анализ, результаты измерений

можно отнести к энергии нейтронов 800 Мэв. Максимум экспериментального спектра π^- -мезонов незначительно сдвигается по отношению максимума распределения для энергии нейтронов 800 Мэв.

Верхняя граница наблюдаемых мезонных спектров находится в соответствии с вычисленным максимально возможным значением энергии π^- -мезонов.

Характерной особенностью полученных спектров π^- -мезонов является то, что основная часть π^- -мезонов имеет энергии, значительно меньшие максимально возможной. Энергия, соответствующая максимуму энергетического распределения, составляет $\approx 40-50\%$ от максимально возможной. Аналогичная картина для этих же энергий наблюдается и для спектров π^0 -мезонов, образующихся в $(p-p)$ -соударениях^{/9/}. В то же время исследования реакции $pp \rightarrow \pi^+ pr$ показывают, что в этом случае максимумы спектров π^+ -мезонов в значительной мере сдвинуты в сторону больших энергий. Мезоны в последней реакции уносят 70–80% доступной энергии^{/10/}.

Все эти факты согласуются с резонансной моделью процессов мезонообразования, развитой Мандельштамом^{/11/}. Последняя предполагает, что основной вклад в мезонообразование вносит переход, при котором образующийся π^- -мезон и один из нуклонов взаимодействуют в состоянии с $T=3/2$, $I=3/2$. Как известно, она дает наилучшее описание всех экспериментальных данных для энергий протонов в области 500–700 Мэв.

Сечение реакции (1), если его выразить через парциальные сечения, равно:

$$\sigma(pp \rightarrow \pi^+ + \dots) = \frac{1}{2}(\sigma_{11} + \sigma_{01}). \quad (2)$$

Резонансные переходы не дают вклада в сечение σ_{01} . Поэтому, с точки зрения резонансной модели, это сечение не должно давать существенного вклада в реакцию (1). Для σ_{11} возможны резонансные Pp -переходы, для которых характерен спектр с преобладанием π^- -мезонов, уносящих энергию, значительно меньшую максимально возможной. Результаты исследования реакции $pp \rightarrow \pi^0 pr$ ^{/9/}, сечение которой выражается только через σ_{11} , согласуются с этим предположением. Подобие спектров π^+ -мезонов, полученных в $(n-p)$ -соударениях со спектрами π^0 -мезонов в $(p-p)$ -соударениях (для близкой энергии нуклонов), таким образом, может свидетельствовать о том, что в обоих случаях преобладающими являются резонансные Pp -переходы и вклад сечения σ_{01} в реакции (1), по-видимому, мал.

Авторы выражают благодарность проф. В.П.Джелепову за полезные советы и замечания и Л.И.Лапидусу и В.М.Сидорову за обсуждение результатов работы.

Л и т е р а т у р а

1. A.H.Rosenfeld. Phys. Rev., 96, 130 (1954).
2. G.Jodh. Phys. Rev., 98, 1330 (1955).
3. В.М.Сидоров. ЖЭТФ, 28, 727 (1955).
4. V.Dzheleпов, V.Kiselev, K.Oganesyan, V.Flyagin. Proc. 1960 Ann. Intern. Conf. on High-Energy Physics at Rochester.
5. В.М.Сидоров, М.И.Трухин. ПТЭ, 8, 109 (1957).

6. G. Bernardini, E. Booth, L. Lederman. *Phys. Rev.*, **83**, 1075 (1951); *Phys. Rev.*, **80**, 924 (1950); *Phys. Rev.*, **82**, 105 (1951); *Minguzzi, Nuovo. Cim.*, **10**, 1100 (1958); *Puppi, Suppl. Nuov. Cim.*, **11**, 438 (1954); G. Bernardini and Levy. *Phys. Rev.*, **84**, 610 (1952).
7. F. Adelman, S. Jones. *Science*, **111**, 226 (1950).
8. В. Киселев, К. Оганесян, Р. Позе, Ф. В. Флягин. *ЖЭТФ*, **35**, 812 (1958).
9. Ю. Баюков, А. Тяпки. *ЖЭТФ*, **32**, 953 (1957).
10. М. Мешеряков, В. Зрелов, Б. Неганов и др. *ЖЭТФ*, **2**, 31, 45 (1958); Б. Неганов, О. Савченко. *ЖЭТФ*, **32**, 1265 (1957); А. Мешковский и др. *ЖЭТФ*, **31**, 580 (1958).
11. S. Mandelstam. *Proc. Roy. Soc.*, **A244**, 491 (1958).

Рукопись поступила в издательский отдел
12 июня 1963 г.

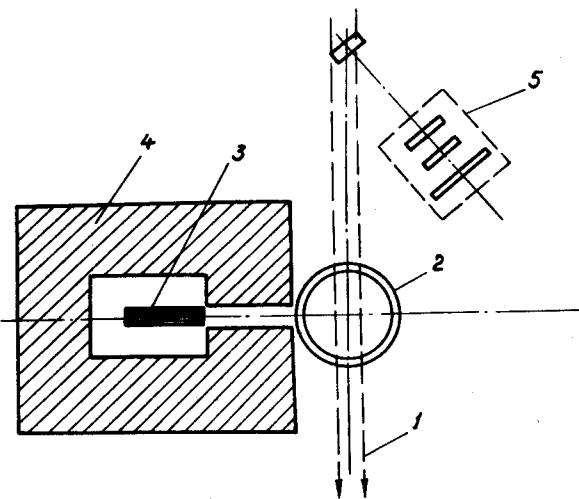


Рис. 1. Схема опыта. 1 - пучок нейтронов, 2 - сосуд с жидким водородом, 3 - эмульсионная камера, 4 - свинцовая защита, 5 - мониторный телескоп.

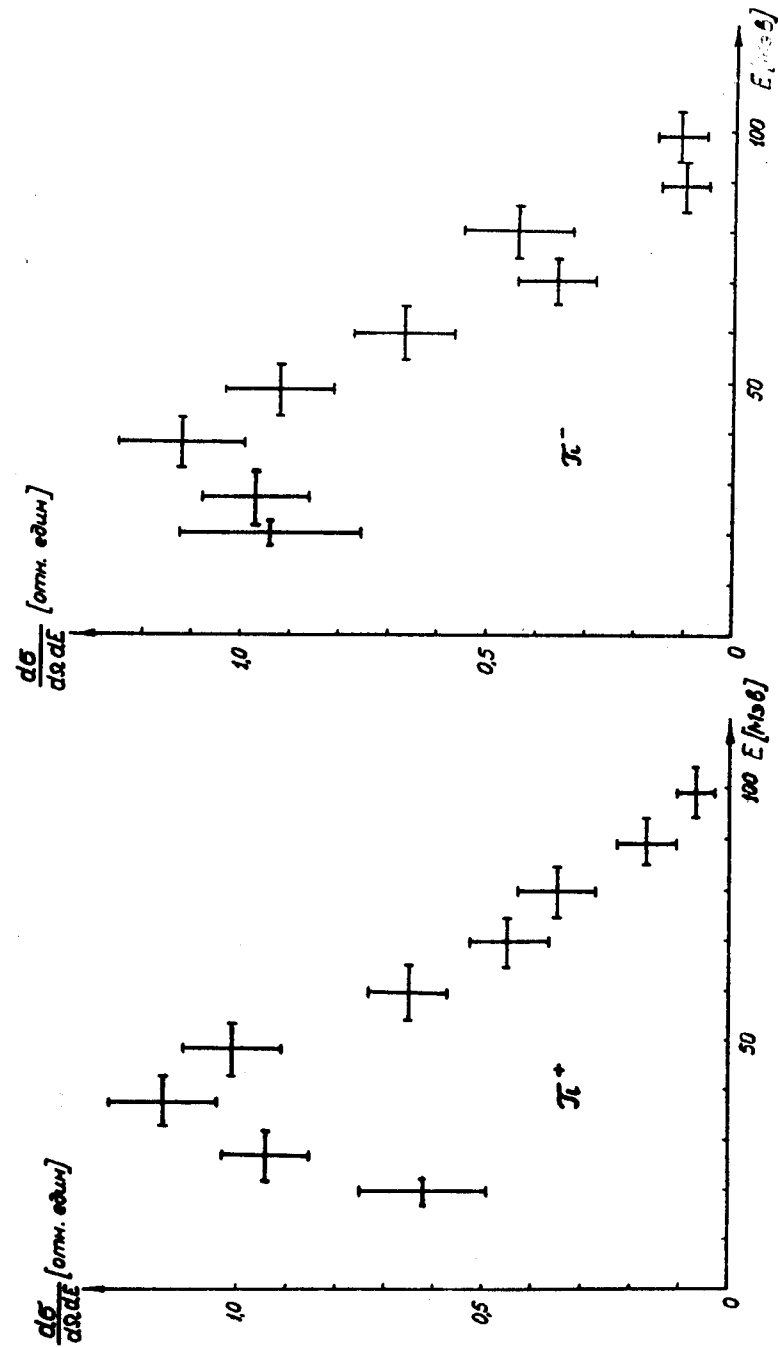


Рис. 2. Энергетические спектры π^+ -мезонов от реакции $n + p \rightarrow \pi^+ + \dots$ под углом 90° в лабораторной системе координат.