

НАБЛЮДЕНИЕ КОМПТОН-ЭФФЕКТА НА π^- -МЕЗОНЕ

Ю.М.Антипов¹⁾, В.А.Беззубов¹⁾, Н.П.Буданов¹⁾, Ю.П.Горин¹⁾,
 С.П.Денисов¹⁾, И.В.Котов¹⁾, П.А.Кулинич²⁾, А.А.Лебедев¹⁾,
 Г.В.Мицельмахер²⁾, А.Г.Ольшевский²⁾, А.И.Петрухин¹⁾,
 С.А.Половников¹⁾, В.Н.Ройншвили³⁾, Д.А.Стойнова¹⁾, В.И.Травкин²⁾

Впервые экспериментально зарегистрирован процесс упругого рассеяния π^- -мезонов на фотонах (комpton-эффект на π^- -мезоне). Получена оценка константы поляризуемости заряженного пиона $\alpha_\pi = (5 \pm 4) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$.

Исследование процесса упругого рассеяния π -мезонов на фотонах представляет значительный интерес в связи с возможностью получения информации о фундаментальной структурной константе — поляризуемости заряженного пиона. До настоящего времени поляризуемость пиона экспериментально не изучалась, хотя существует большое количество теоретических расчетов этой величины, выполненных в рамках кварковых, дисперсионных, киральных и других моделей (см., например, обзорную статью¹⁾).

Основная трудность, препятствующая изучению комpton-эффекта на пионе, заключается в отсутствии пионных и фотонных мишеней. Однако хорошо известно, что взаимодействие быстрых частиц с ядрами при достаточно малых переданных импульсах определяется кулоновским потенциалом^{2,3}. Как показывают расчеты, проведенные в работе⁴, в реакции



при значениях переданных ядру четырех-импульсов $|t| \lesssim 2 \cdot 10^{-4} (\text{ГэВ}/c)^2$ должен доминировать процесс рассеяния на фотонах кулоновского поля ядра. Величина поляризуемости может быть получена из анализа жесткой части энергетического спектра тормозных фотонов.

В эксперименте изучалась реакция (1) на ядрах углерода при импульсе пучка 40 ГэВ/с. Рассеянные π^- -мезоны регистрировались в диапазоне энергий $4 \div 16$ ГэВ, а фотоны, соответственно, в диапазоне $36 \div 24$ ГэВ. Такая кинематика опыта эквивалентна рассеянию фотонов с энергией $60 \div 600$ МэВ на покоящихся пионах, что оптимально для изучения эффекта поляризуемости.

Эксперимент по изучению комpton-эффекта на π^- -мезоне проводился на спектрометре "Сигма". Схема установки показана на рис. 1. Пучок частиц, падающий на мишень, определялся сцинтилляционными счетчиками $S_1 - S_4$, A_1 , газовыми пороговым и дифференциальным счетчиками \check{C}_1 и D, сцинтилляционными годоскопами H_1, H_2 и пучковыми пропорциональными камерами $ВРС_1, ВРС_2$. Рассеянный π^- -мезон регистрировался магнитным спектрометром, состоящим из магнита СП-41Г, системы пропорциональных камер $СРМ_1, СРМ_2$, системы искровых камер СН, сцинтилляционных годоскопов H_4, S_π и черенковских счетчиков полного поглощения для идентификации примеси электронов. Тормозной гамма-квант регистрировался гамма-спектрометром, собранным из 80 счетчиков полного поглощения с радиатором из свинцового стекла. Для подавления на уровне триггера взаимодействий с развалом ядра мишени и процессов множественного рождения использовались счетчики R, G, F типа сэндвич (сцинтиллятор-вольфрам, сцинтиллятор-свинец), ограничивающие угловой акцептанс спектрометра в переднем направлении величиной $\pm 12,5$ мрад. Для

1) Институт физики высоких энергий, г. Серпухов.

2) Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна.

3) Институт физики АН ГрССР, г. Тбилиси.

выключения непрореагировавшего пучка, упругих взаимодействий и процесса тормозного излучения электронов использовались пороговый черенковский счетчик \check{C}_2 с порогом для π^- -мезонов 16 ГэВ/с. Непрореагировавший пучок подавлялся также сцинтилляционным счетчиком В, расположенным за магнитным спектрометром.

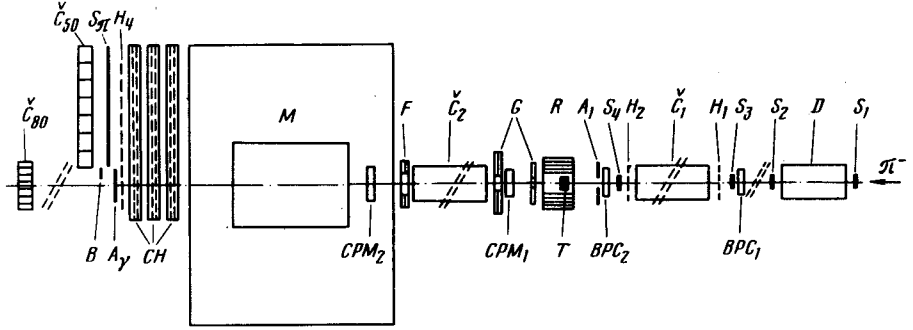


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: $S_1 - S_4$, A_1 – пучковые сцинтилляционные счетчики; \check{C}_1 , \check{C}_2 , D – газовые пороговые и дифференциальный счетчики; H_1 , H_2 – пучковые сцинтилляционные годоскопы; BPC₁, BPC₂ – пучковые пропорциональные камеры; T – ядерная мишень; R, G, F – счетчики типа сэндвич; CPM₁, CPM₂ – пропорциональные камеры; M – спектрометрический магнит; CH – проволочные искровые камеры; H_4 , S_π – сцинтилляционные годоскопы; A_γ , B – сцинтилляционные счетчики; \check{C}_{50} , \check{C}_{80} – черенковские счетчики полного поглощения.

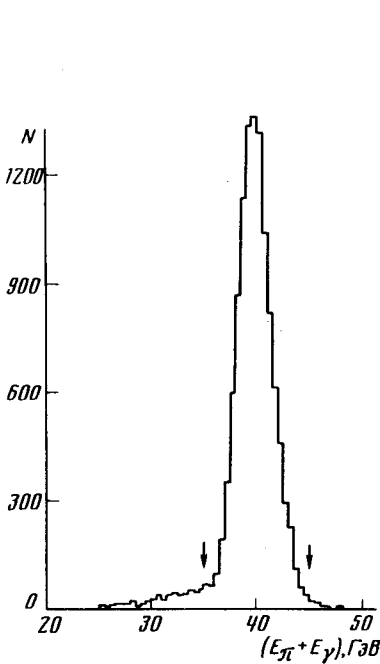


Рис. 2.

Рис. 2. Распределение событий по суммарной энергии $E_\pi + E_\gamma$.

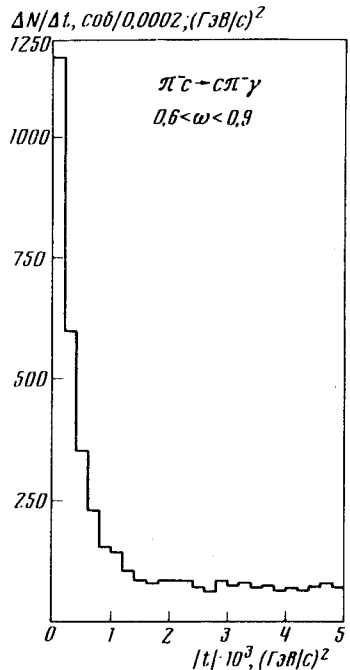


Рис. 3.

Рис. 3. Распределение событий по квадрату переданного ядру четырехимпульса $|t|$.

Через установку было пропущено $\sim 2 \cdot 10^{11}$ пионов и на магнитные ленты записано 2,1 миллиона событий. Результаты настоящей работы основаны на анализе ≈ 400 тыс. событий, измеренных на углеродной мишени толщиной 12 г/см². Для выделения событий реакции (1) использовались следующие критерии: – падающий π^- -мезон измерен пучковыми про-

порциональными камерами; — в магнитном спектрометре зарегистрирована только одна частица и ее импульс $< 16 \text{ ГэВ}/c$; — треки падающей и рассеянной частицы "сшиваются" в мишени; — в гамма-детекторе зарегистрирован только один гамма-квант. Распределение событий, удовлетворяющих этим критериям, по суммарной энергии $E_{tot} = E_{\pi} + E_{\gamma}$ показано на рис. 2. Пик при энергии 40 ГэВ соответствует реакции (1). Для дальнейшего изучения отбирались события, лежащие в этом пике. Границы обрезаний показаны на рис. 2 стрелками. Распределение по квадрату переданного ядру четырех-импульса показано на рис. 3. Пик в области $|t| \lesssim 4 \cdot 10^{-4} (\text{ГэВ}/c)^2$ отвечает комптон-эффекту на π^- -мезоне.

Нами определено сечение процесса радиационного рассеяния пионов в кулоновском поле ядер углерода при передачах $|t| \lesssim 1, 2 \cdot 10^{-3} (\text{ГэВ}/c)^2$ и энергии излученных квантов $\omega = E_{\gamma}/E_{tot}$, $0,6 < \omega < 0,9$. Сечение составляет $\sigma_{\text{эксп}} = 210 \pm 60$ нбарн. Ошибка в величине сечения, в основном, обусловлена систематическими погрешностями мониторинга, вычитания фона от взаимодействий вне мишени и неточностью процедуры экстраполяции фона сильных взаимодействий в области малых передач. При вычислении сечения учитывались акцептанс установки (геометрическая эффективность $\sim 80\%$) и поправки на поглощение пионов и гамма-квантов в веществе. Отношение экспериментально определенного сечения к расчетному (борновскому), вычисленному на основе формул работ ^{4,5} и соответствующему комптон-эффекту на точечном пионе, составляет $\sigma_{\text{эксп.}}/\sigma_{\text{теор.}} = 0,87 \pm 0,25$. Оценка величины поляризуемости пиона a_{π} , найденная из дифференциального распределения по ω , составляет $a_{\pi} = (5 \pm 4) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$. Значение поляризуемости приведено в Гауссовой системе в предположении ¹, что электрическая и магнитная поляризуемости связаны соотношением $a_E = -a_H$.

В заключение авторы выражают благодарность С.С. Герштейну, В.П. Желепову, Б.М. Понтекорво и Л.Д. Соловьеву за плодотворные обсуждения и поддержку настоящей работы. Мы глубоко признательны Ю.Д. Прокошкину и А.А. Тяпкину за полезные советы и помощь при создании установки, а также А.И. Амадуни, В.А. Батарину, Р.В. Пирцхалава и Л.К. Лыткину за помощь при проведении измерений.

Литература

1. В.А. Петрунькин. ЭЧАЯ, 1981, 12, 692.
2. Н. Primakoff. Phys. Rev., 1951, 81, 899.
3. I. Ya. Pomeranchuk, I.M. Shmushkevich. Nucl. Phys., 1961, 23, 452.
4. А.С. Гальперин и др. ЯФ, 1980, 32, 1053.
5. А.С. Гальперин, Г.В. Мицельмахер. ОИЯИ, P2-80-581, Дубна, 1980.