

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

0-568

**1-87-845
УДК 539.126.34**

**ОЛЬШЕВСКИЙ
Александр Григорьевич**

**ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ
ПОЛЯРИЗУЕМОСТЕЙ ЗАРЯЖЕННОГО ПИОНА
В РЕАКЦИИ РАДИАЦИОННОГО
РАССЕЯНИЯ ПИОНОВ НА ЯДРАХ
ПРИ МАЛЫХ ПЕРЕДАЧАХ**

**Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Дубна 1987

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:
кандидат физико-математических наук Г.В.Мицельмахер

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук В.А.Никитин

доктор физико-математических наук В.А.Петрунькин

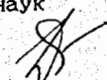
Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт ядерных исследований АН СССР, Москва.

Защита диссертации состоится " " 1988 г.
в _____ часов на заседании специализированного Совета
Д-047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем Объединенного
института ядерных исследований, Дубна, Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан " " 1987 г.

Ученый секретарь специализированного Совета
доктор физико-математических наук


В.А.Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования процессов взаимодействия элементарных частиц с фотонами обусловлена тем, что эти процессы являются источником сведений о структуре частиц. Важные характеристики структуры адронов - константы электрической и магнитной поляризуемостей могут быть изучены в упругом (комптоновском) рассеянии фотонов на адронах. До описываемого эксперимента адронный комптон-эффект и поляризуемости были экспериментально изучены лишь для одной частицы - протона. Определение поляризуемостей других элементарных частиц является актуальной, но трудной экспериментальной задачей. Сложности изучения комптоновского рассеяния квантов на нестабильных адронах прежде всего связаны с отсутствием нестабильных адронных или фотонных мишеней. Эффективным методом изучения взаимодействий адронов с фотонами является исследование рассеяния адронов на ядрах при малых передачах (то есть в кулоновском поле ядер).

Целью диссертационной работы являлось экспериментальное раздельное определение электрической и магнитной поляризуемостей заряженного пиона в реакции радиационного рассеяния пионов высоких энергий на ядрах при малых переданных ядру четырехимпульсах (в кулоновском поле):

$$\pi + Z \longrightarrow \pi + \gamma + Z,$$

а также детальное исследование возможности проведения более точного эксперимента при высоких энергиях.

Исследования, положенные в основу диссертационной работы, были выполнены при участии автора совместной группой ОИЯИ-ИФВЭ-ИФ АН ГССР в 1979+1987 гг.

Научные результаты и новизна. В диссертации получены следующие новые результаты, выдвигаемые автором для защиты:

I. Предложен и обоснован способ раздельного измерения электрической и магнитной поляризуемостей заряженного пиона в эксперименте по изучению радиационного рассеяния пионов в кулоновском поле ядер (компон-эффект на π -мезоне).

Путем математического моделирования определены кинематические области реакции радиационного рассеяния, наиболее чувствительные к

измеряемым параметрам - магнитной поляризуемости β_π и сумме электрической и магнитной поляризуемостей $(\alpha_\pi + \beta_\pi)$.

2. При участии автора на базе спектрометра СИГМА создана экспериментальная установка и выполнен эксперимент по регистрации процесса радиационного рассеяния. Автором выполнен расчет аксептанса установки и оценки ожидаемых вкладов фоновых процессов.

3. Впервые измерены дифференциальные сечения процесса радиационного рассеяния пионов в кулоновском поле ядер в зависимости от энергий и углов вылета рассеянных пионов и фотонов и, на основе этих данных, определено дифференциальное сечение комптон-эффекта на π -мезоне.

4. Проведен анализ данных эксперимента и впервые экспериментально получен результат для суммы поляризуемостей заряженного пиона:

$$(\alpha_\pi + \beta_\pi) = (1,8 \pm 3,1) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3,$$

позволивший безмодельно определить электрическую и магнитную поляризуемости пиона:

$$\beta_\pi = (-7,1 \pm 2,8) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$$

$$\alpha_\pi = (8,9 \pm 5,4) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$$

Измеренная величина суммы поляризуемостей согласуется с теоретическими оценками $(\alpha_\pi + \beta_\pi) \approx 0$.

5. Выполнен расчет электромагнитных поправок к сечению радиационного рассеяния в условиях проведенного эксперимента и определено влияние электромагнитных поправок в кинематической области, используемой для определения суммы поляризуемостей заряженного пиона. Получены оценки систематических ошибок в определении поляризуемостей, связанные с неточностью расчетов и фоновыми процессами.

6. Показана возможность постановки более точного эксперимента по разделному определению поляризуемостей пиона при энергиях десятки или сотни ГэВ. Количественно определены оптимальные условия для измерения $(\alpha_\pi + \beta_\pi)$ и получена оценка точности определения этой величины, достижимая в оптимальном эксперименте.

Практическая ценность работы. Полученный результат для суммы поляризуемостей говорит о корректности использования теоретических оценок $\alpha_\pi + \beta_\pi \approx 0$. Таким образом, в пределах точности эксперимента подтверждены теоретические предсказания, основанные на использовании кварковых моделей, дисперсионной теории, киральных теорий и алгебры токов.

Автором был создан комплекс программ моделирования экспериментальной установки и физического анализа данных. В частности, были разработаны программы генерации банка событий радиационного рассеяния пионов на ядрах, программы расчета дифференциальных сечений

и аксептанса установки, программы обработки данных комптон-эффекта на π -мезоне и определения поляризуемостей пиона, а также учета влияния поправок и оценки систематических ошибок. Полученные в работе результаты показали возможность проведения более точного эксперимента по разделному определению электрической и магнитной поляризуемостей пиона при высоких энергиях. Эти результаты и разработки могут быть использованы при планировании и обработке данных будущих экспериментов.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы, включающего 55 наименований. Объем диссертации 102 страницы, включая 26 рисунков и 8 таблиц.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались на научных семинарах ОИЯИ, ИФВЭ (Серпухов), ФИАН (Москва), на 12-той международной конференции по физике высоких энергий (Лейпциг 1984). Они опубликованы в виде препринтов и статей в советских и иностранных журналах /1+4/.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассматриваются структурные характеристики адронов - поляризуемости. Обсуждаются теоретические расчеты поляризуемостей заряженного пиона, вклады поляризуемостей в сечение комптон-эффекта на пионе и способы экспериментального изучения комптон-эффекта. Для изучавшейся в эксперименте реакции радиационного рассеяния пионов в кулоновском поле ядер приводятся необходимые при обработке данных формулы. Отмечены также характерные особенности изучаемой реакции и связанные с ними особенности экспериментальной установки^{1/1}.

Важными характеристиками электромагнитной структуры адрона, наряду с радиусом, являются поляризуемости, понятие которых для адронов было введено в работах А.Клейна, А.М.Балдина, В.А.Петрунькина и др. Электрическая и магнитная поляризуемости характеризуют деформацию частицы во внешнем электромагнитном поле, то есть определяют наведенные дипольные моменты, за счет которых меняется вероятность рассеяния фотона в комптон-эффекте.

До описываемого эксперимента поляризуемости были измерены только для одной частицы - протона¹. В проводившихся в ФИАН опытах по рассеянию фотонов ≈ 60 МэВ на протонах (компон-эффект на протоне)

¹Существовали также ограничения на поляризуемости нейтрона и каона, а недавно было получено ограничение на поляризуемость π^0 .

было получено: $\alpha_p = (-10,7 \pm 1,1)$; $\beta_p = (-0,7 \pm 1,6)$; $(\alpha_p + \beta_p) = (-10,0 \pm 2,3)$, в системе Гаусса, в ед. 10^{-43} см^3 .

Прямой способ изучения комптон-эффекта на π -мезонах не представляется возможным, из-за отсутствия пионных и фотонных мишеней.

Наиболее подходящим процессом¹ для изучения комптон-эффекта и поляризуемости заряженного пиона является радиационное рассеяние пионов в кулоновском поле ядер (ядро здесь используется как источник фотонов). Диаграммы, описывающие этот процесс, приведены на рис.1. Сечения реакции радиационного рассеяния и пионного комптон-эффекта можно связать друг с другом методом эквивалентных фотонов.

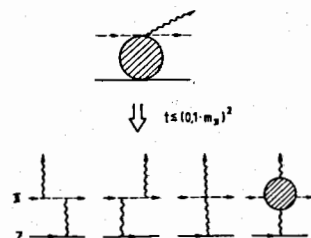


Рис.1. Диаграммы, описывающие в нижнем порядке по α радиационное рассеяние π -мезонов в кулоновском поле ядер.

Таким образом, измерение сечения процесса радиационного рассеяния пионов позволяет получить информацию о пионном комптон-эффекте и значениях электрической и магнитной поляризуемостей π -мезона α_π и β_π .

В теоретических моделях, основанных на дисперсионных соотношениях, алгебре токов, кварковых моделях, киральной теории предсказываются значения $(\alpha_\pi + \beta_\pi)$ близкие к нулю ($< 10^{-43} \text{ см}^3$). Исходя из этого при анализе экспериментальных данных о поляризуемостях обычно предполагается, что электрическая поляризуемость пиона равна магнитной с обратным знаком ($\alpha_\pi = -\beta_\pi$). Строго говоря, такое предположение приводит к модельной зависимости получаемых значений поляризуемости.

Целью настоящей работы являлось получение экспериментальной информации о величине $(\alpha_\pi + \beta_\pi)$ и раздельное определение α_π и β_π без привлечения теоретических моделей.

До выполнения настоящего эксперимента данные о величине $(\alpha_\pi + \beta_\pi)$ отсутствовали. Проведенные расчеты и моделирование показали, что при определении $(\alpha_\pi + \beta_\pi)$ в нашем эксперименте может быть реализована статистическая точность $\approx 2+3 \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$, сопоставимая с точностью в $(\alpha_p + \beta_p)$, достигнутой в эксперименте по измерению поляризуемостей протона. Поскольку задача измерения поляризуемостей нестабильной

¹Сравнительно большое сечение ($\approx 0,5 \mu\text{б}$, при $\omega = E_\gamma/E_0 \geq 0,5$), малый фон, отсутствие модельной зависимости при интерпретации результата.

частицы - пиона - значительно сложнее, возможность измерения $(\alpha_\pi + \beta_\pi)$ с такой точностью с экспериментальной точки зрения весьма привлекательна. Измерение $(\alpha_\pi + \beta_\pi)$ позволяет также проверить, в пределах точности эксперимента, теоретические предсказания.

Характерными особенностями реакции радиационного рассеяния в кулоновском поле ядер, определяющими схему эксперимента, являются^{4/}: пик при малых переданных ядру квадратах четырехимпульса (передача ядру отвечает расстояниям, много большим, чем размер ядра), малые углы рассеяния пионов и излучения квантов $\theta \approx m_\pi/E_T$, и Z^2 -зависимость сечения от заряда ядра мишени. Эти особенности определили схему нашего эксперимента и структуру установки.

Во второй главе описана экспериментальная установка, с помощью которой изучался процесс радиационного рассеяния пионов 40 ГэВ/С на ядрах^{1/}, приведены характеристики ее узлов, критерии отбора событий на уровне триггера. Рассмотрены системы мониторингования, сбора и контроля данных, указана набранная в ходе эксперимента статистика.

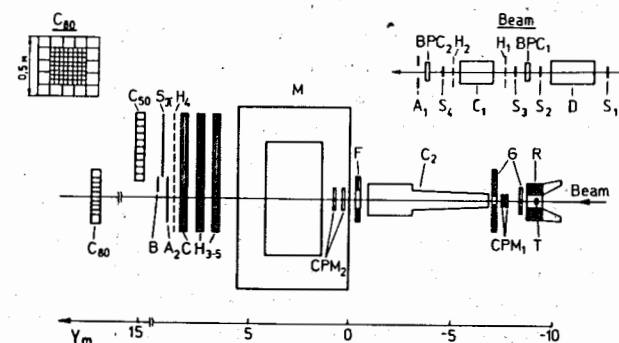


Рис.2. Схема экспериментальной установки.

Схема установки приведена на рис.2. Пучок частиц, падающий на мишень Т, определялся синциллиационными счетчиками $S_1 + S_4, A_1$, газовыми пороговыми C_1 и дифференциальными D черенковскими счетчиками, годоскопами H_1, H_2 и пропорциональными камерами $BPC_{1,2}$. Рассеянный π -мезон регистрировался магнитным спектрометром, состоящим из пропорциональных камер $CPM_{1,2}$, магнита М, системы искровых камер CH_{3+5} , синциллиационных годоскопов H_4, S_π и черенковских счетчиков полного поглощения C_{50} для идентификации примеси электронов. Излученные γ -кванты регистрировались детектором C_{80} , собранным из счетчиков полного поглощения с радиаторами из свинцового стекла. В эксперименте использовались мишени из Be, C, Al, Fe, Cu, Pb , основная

статистика набрана на мишени из углерода. Толщина всех мишеней ($\approx 0,25$ рад.ед.) оптимизировалась с учетом вклада многократного рассеяния в разрешение по поперечному импульсу. Используемая аппаратура позволила реализовать в этом эксперименте точность по поперечному импульсу $\sigma_{p_{\perp}} \approx 12$ МэВ/С.

Для подавления на уровне триггера событий с большой передачей, развалом ядра и вылетом частиц под углом ≥ 15 мрад к оси пучка, использовалась охранная система из счетчиков R, G, F типа "сэндвич". Непровзаимодействовавший пучок выключался сцинтилляционным счетчиком В, расположенным за магнитом на пути отклоненного пучка, и пороговым черенковским счетчиком С₂, с порогом для π -мезонов 18 ГэВ/С. Счетчик С₂ подавлял также фоновый процесс тормозного излучения электронов.

Геометрия эксперимента была выбрана таким образом, что за магнитом области регистрации пиона и кванта не перекрывались. Сцинтилляционный счетчик А₂ запрещал события, в которых заряженные частицы попадали в С₈₀. На уровне триггера требовалось, чтобы суммарное энерговыделение в γ -детекторе было ≥ 5 ГэВ.

За время эксперимента через установку было пропущено $\approx 1,2 \cdot 10^{11}$ π -мезонов и на магнитные ленты записано $\approx 2 \cdot 10^6$ событий. Работоспособность отдельных узлов и всей установки в целом контролировалась во время набора статистики с помощью ЭВМ.

В третьей главе изложены общая схема моделирования эксперимента и применявшиеся для расчета сечений и аксептанса процедуры, приводятся оценки вкладов поляризуемостей пиона в сечение радиационного рассеяния в разных областях кинематических переменных^{1,2}. Обсуждаются проверки результатов с помощью аналитических вычислений, возможные систематические ошибки расчетов аксептанса и разрешения установки.

На рис.3 приведены относительные вклады в сечение комптон-эффекта членов $\beta_{\pi} = -7 \cdot 10^{-43}$ см³ и $(\alpha_{\pi} + \beta_{\pi}) = 10^{-43}$ см³ в системе покоя начального π -мезона (антилабораторной системе). Относительные вклады увеличиваются с ростом энергии налетающего фотона ω_{γ} . Максимальный вклад ожидается для β_{π} при рассеянии фотонов назад ($\cos \theta = -1$), а для $(\alpha_{\pi} + \beta_{\pi})$ при рассеянии вперед ($\cos \theta = +1$). Для лабораторной системы точка ($\omega_{\gamma} = 4m_{\pi}$, $\cos \theta = -0,5$) отвечает жестким фотонам и малым углам ($\omega = E_{\gamma} / E_0 = 0,85$; $\theta_{\gamma} \approx 2$ мрад), а точка ($\omega_{\gamma} = 4m_{\pi}$, $\cos \theta = +0,5$) соответствует относительной энергии фотона $\omega = 0,65$ и углам $\theta_{\gamma} \approx 7$ мрад.

Расчеты сечения процесса и аксептанса установки проводились методом Монте-Карло (МК) с дробными весами /Бардин, Гагунашвили/. Этот метод позволяет достичь хорошей точности расчетов при не слишком больших затратах времени ЭВМ. Он является компромиссным по точности и скорости между методом МК с переменными весами и методом браковки

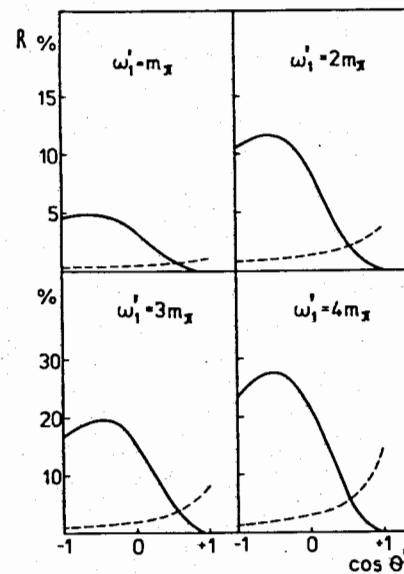


Рис.3. Отношение вкладов R в сечении членов β_{π} (сплошная линия) и $(\alpha_{\pi} + \beta_{\pi})$ (штриховая линия) к сечению радиационного рассеяния для точечного пиона (θ' - угол рассеяния фотона, ω_1' - энергия налетающего фотона в системе покоя пиона. Значения параметров положены $\alpha_{\pi} + \beta_{\pi} = 1,0 \cdot 10^{-43}$ см³, $\beta_{\pi} = -7,0 \cdot 10^{-43}$ см³).

(Геометрическим методом). Метод заключается в том, что при расчетах учитываются не все сгенерированные события (как в методе переменных весов), а только значимые. Проверка на значимость (вес) в МК с дробными весами проводится несколько (k) раз, в отличие от геометрического метода, где событие после одной проверки принимается или отбрасывается. При расчетах интегрального сечения радиационного рассеяния в области кинематических переменных регистрируемой экспериментальной установкой была достигнута относительная точность $\approx 0,2\%$. Проведение расчетов с такой точностью методом переменных весов или методом браковки потребовало бы на порядок большего счетного времени ЭВМ, что является неприемлемым. Систематические ошибки в расчетах аксептанса оценивались путем изменения геометрических положений детекторов. При обработке данных использовались шаги разбиения по кинематическим переменным много больше, чем разрешения установки по этим переменным. Оценка влияния систематических ошибок МК расчетов и разрешений установки на измеряемые параметры поляризуемостей проводилась путем анализа данных при других кинематических обрезаниях.

Четвертая глава содержит описание обработки данных, реконструкции событий и связанных с этой частью обработки процедур геометрической привязки и калибровки аппаратуры^{1,2}. Приводятся критерии идентификации исследуемой реакции и оценки вкладов фоновых процессов.

Для отбора событий реакции радиационного рассеяния использовались критерии: поперечные координаты зарегистрированных пучковой и рассеянной частиц согласуются в центре мишени; за магнитом зарегистрирован один трек, подтвержденный по времени срабатыванием в годоскопе S_n , этот трек согласуется в центре магнита с треком рассеянной частицы, отклонение в магните соответствует импульсу 4 ± 16 ГэВ/С; в γ -детекторе зарегистрирован только один фотон. Для уменьшения примеси фона от взаимодействия вне мишени требовалось, чтобы угол рассеяния был $\theta_\pi \geq 1$ мрад, и чтобы пучковый и рассеянный треки "сшивались" в мишени по продольной координате.

Спектр по сумме энергий пиона и кванта E_{tot} для отобранных (≈ 120 тыс.) событий показан на рис.4. Пик при 40 ГэВ на этом рисунке отвечает эксклюзивной реакции радиационного рассеяния. Распределение событий из области $E_{tot} \approx (40 \pm 5)$ ГэВ по квадрату переданного ядру четырехимпульса t для углеродной мишени показано на рис.5. Пик при малых передачах, ширина которого соответствует аппаратурному разрешению, отвечает исследуемой реакции радиационного рассеяния в

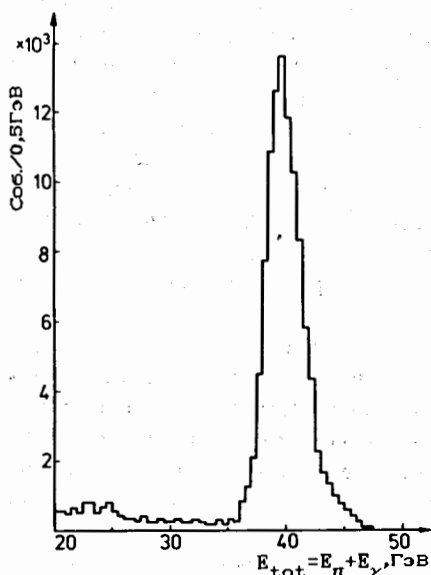


Рис.4. Распределение событий по суммарной энергии пиона и γ -кванта, $E_{tot} = E_\pi + E_\gamma$.

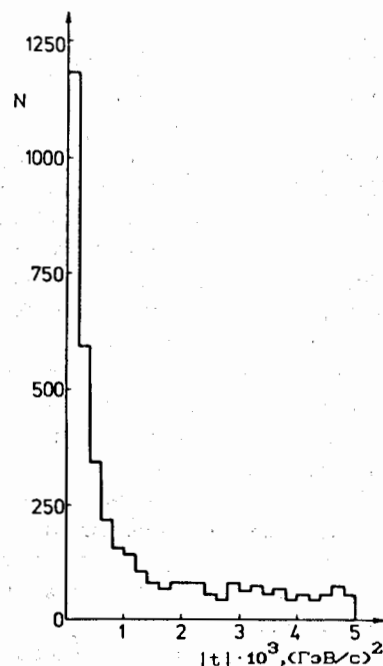


Рис.5. Распределение событий по квадрату переданного ядру 4-импульса t .

кулоновском поле ядер. На рис.5 при больших t видна также подложка, обусловленная рассеянием в сильном поле и кулон-ядерной интерференцией. В эту подложку могут также давать вклад и фоновые процессы с дополнительными мягкими, не зарегистрированными установкой частицами. Подложка при определении сечения процесса и определении поляризуемостей пиона вычиталась. В нашем эксперименте было зарегистрировано ≈ 7000 событий радиационного рассеяния пионов в кулоновском поле ядер - комптон-эффекта на π -мезоне.

Основным фоновым процессом является процесс тормозного излучения электронов, сечение которого в $\approx 10^5$ раз больше, чем у тормозного излучения пионов. Свинцовый конвертор, установленный перед поворотными магнитами в голове канала, уменьшал примесь электронов до $\approx 10^{-6}$, кроме того, фоновый процесс тормозного излучения электронов подавлялся в ≈ 30 раз счетчиком C_2 . Анализ углового распределения тормозных фотонов показывает, что обсуждаемый фон не вносит вклада в изучаемый процесс (излучение электронов должно проявиться в виде пика при малых углах $\theta_\gamma \approx m_e/E_1 \approx 10^{-2}$ мрад). Сечение другого фонового процесса, - тормозного излучения мюонов - примерно такое же, как для пионов, но пучковых мюонов с энергией (40 ± 5) ГэВ $\approx 1\%$. Такая малая примесь фона несущественна при определении поляризуемостей пиона.

Пятая глава содержит описание проведенной обработки данных - физического анализа с целью отдельного определения поляризуемостей пиона^[2,3]. В этой главе количественно рассматривается вопрос оптимизации условий эксперимента по отдельному измерению поляризуемостей пиона в реакции радиационного рассеяния при высоких энергиях^[4]. Обсуждаются результаты эксперимента по изучению радиационного рассеяния пионов, выполненного во ФНАЛ, и эксперимента в ФИАН по измерению поляризуемости пиона в реакции радиационного фоторождения пионов на протонах.

Анализ отобранных событий радиационного рассеяния из области $t \leq 6 \cdot 10^{-4}$ $(\text{ГэВ}/\text{С})^2$ проводился в системе покоя начального пиона (антилабораторной системе координат). Для этого в каждом событии по измеренным кинематическим переменным вычислялись энергия налетающего фотона ω_1 и угол рассеяния фотона θ . Распределение событий по ω_1 представлено на рис.6. Пороговое значение $\omega_{1min} \approx 100$ МэВ в этом распределении связано с отбором событий $E_\pi \leq 16$ ГэВ. Область $100 \leq \omega_1 \leq 600$ МэВ была разбита на интервалы (рис.6) и для этих интервалов были построены распределения событий по $\cos\theta$. При получении спектров событий радиационного рассеяния в кулоновском поле ядер были проведены дифференциальные вычитания: подложки под пиком по t и фона от взаимодействий вне мишени. А именно, вычитались дифференциальные по ω_1

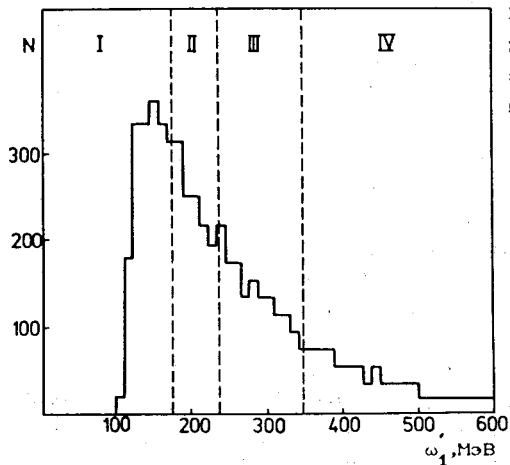


Рис.6. Экспериментальное распределение событий по энергии налетающего фотона ω_1 в системе покоя пиона.

и $\cos\theta$ распределения событий из области больших передач $(2+8) \cdot 10^{-3} \text{ ГэВ/С}^2$ и из экспозиции проведенной без мишени.

После проведения вычитаний поправленные на акцептанс распределения событий по $\cos\theta$ для различных интервалов по ω_1 аппроксимировались теоретическими распределениями с параметрами: общая нормировка, магнитная поляризуемость и сумма электрической и магнитной поляризуемостей. Были учтены электромагнитные поправки ($\approx \alpha^2$) к изучаемому процессу, рассчитанные в условиях геометрии эксперимента /3/, и поправки, связанные с распадом рассеянных пионов и эффективностью искровых камер. Для оценки систематических ошибок, связанных с неопределенностями проведенных вычитаний фонов, вычитаемые значения варьировались. Оценка систематической ошибки, связанной с учетом эффективности и разрешений установки, была получена путем проведения обработки при других кинематических обрезаниях. Значения поправок, способ оценки и значения систематических ошибок приведены в табл. I.

Суммарная систематическая ошибка оценивается как $\Delta\beta_\pi \leq 1,8$, $\Delta(\alpha_\pi + \beta_\pi) \leq 2,5$ в ед. 10^{-43} см^3 . Результаты фитирования для разных элементов, частей статистики и для различных обрезаний хорошо согласуются друг с другом. Для полной статистики было получено (см. рис.7):

$$\beta_\pi = (-7,1 \pm 2,8) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$$

$$\alpha_\pi + \beta_\pi = (1,8 \pm 3,1) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3, \text{ при } \chi^2/\text{N.D.F.} = 20,8/16.$$

Или отдельно для электрической и магнитной поляризуемостей:

$$\beta_\pi = (-7,1 \pm 2,8) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$$

$$\alpha_\pi = (8,9 \pm 5,4) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$$

Найденное значение β_π хорошо согласуется с величиной $\beta_\pi = -\alpha_\pi = -6,9 \pm 1,4$, полученной при анализе тех же данных с привлечением модельного предположения $\alpha_\pi + \beta_\pi = 0$.

Таблица I
Значения поправок и оценки систематических ошибок
к поляризуемостям π -мезона, в ед. 10^{-43} см^3 , $e^2 = 1/137$

| Поправки | | |
|----------------------------------|---|--|
| электромагнитные поправки | $\Delta\beta_\pi = -0,3$; $\Delta(\alpha_\pi + \beta_\pi) = 0,1$ | |
| распад рассеянных π -мезонов | $\Delta\beta_\pi = 0,4 \pm 0,4$ | |
| эффективность искровых камер | $\Delta\beta_\pi = 0,5 \pm 0,5$ | |
| Оценки систематических ошибок | | |
| фон сильных взаимодействий | варьировался на 50% | $\Delta\beta_\pi \leq 1,3$; $\Delta(\alpha_\pi + \beta_\pi) \leq 2,4$ |
| фон взаимодействий вне мишени | варьировался на 30% | $\Delta\beta_\pi \leq 0,7$; $\Delta(\alpha_\pi + \beta_\pi) \leq 0,4$ |
| расчет акцептанса | варьировались кинематические обрезания | $\Delta\beta_\pi \leq 0,6$; $\Delta(\alpha_\pi + \beta_\pi) \leq 0,7$ |

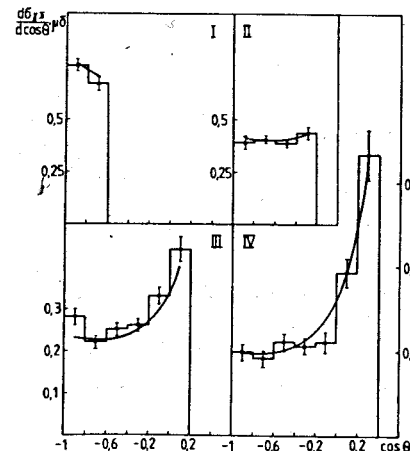


Рис.7. Поправленные на эффективность регистрации спектры событий комптон-эффекта по $\cos\theta$ для различных интервалов по ω_1 (см. рис.6). Сплошная кривая - результат фита с учетом поляризуемостей.

Статистическая точность проведенного нами эксперимента ограничивалась угловым акцептансом установки $T = \theta_\gamma / (m_\pi / E_\pi) \leq 2$ и регистрируемым диапазоном энергий продуктов реакции $\omega \geq 0,6$. Нами была проанализирована /4/ принципиальная возможность измерения величины $(\alpha_\pi + \beta_\pi)$ с существенно более высокой точностью, \approx (несколько единиц) 10^{-44} см^3 . Расчеты показали, что для этой цели установка должна регистрировать рассеянные пионы и кванты в значительно более широкой кинематической области: $\omega \geq 0,2$; $0 \leq T \leq 5$, что требует увеличения угловой апертуры в ≈ 3 раза. Близкие параметры уже имеют некоторые экспериментальные установки, работающие при энергиях 100-200 ГэВ в ЦЕРН и ФНАЛ.

Сопоставим результаты нашей работы с данными других авторов. К настоящему времени выполнено еще два эксперимента по изучению комптон-эффекта на π -мезоне и поляризуемости заряженного пиона.

Поляризуемость пиона α_π была измерена в ФИАН с использованием реакции радиационного фоторождения пионов на протонах при начальных энергиях фотонов ≈ 500 МэВ. Полученный результат $\alpha_\pi = -\beta_\pi = (20 \pm 12) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$ согласуется с нашей работой.

Во второй работе, выполненной во ФНАЛ, изучался процесс радиационного рассеяния пионов в кулоновском поле ядер при энергиях 156 и 202,5 ГэВ в кинематической области $0,1 \leq \omega \leq 0,8$; $1 \leq T \leq 7$. Набранная статистика составила ≈ 600 событий, что на порядок меньше статистики нашего эксперимента. Малая статистика и неоптимальная для измерения β_π область регистрации фотонов не позволяли определить магнитную поляризуемость в этом эксперименте. Измеренные в этой работе дифференциальные сечения согласуются со значением $(\alpha_\pi + \beta_\pi) \approx 0$, хотя оценка $(\alpha_\pi + \beta_\pi)$ не приводится.

В Заключении кратко суммируются основные выводы диссертационной работы.

Литература

1. Антипов Д.М., Беззубов В.А., Буданов Н.П., Горин Д.П., Денисов С.П., Котов И.В., Кулинич П.А., Лебедев А.А., Мицельмахер Г.В., Ольшевский А.Г., Петрухин А.И., Половников С.А., Ройнишвили В.Н., Стоянова Д.А., Травкин В.И.: "Наблюдение комптон-эффекта на π -мезоне"
- Письма в ЖЭТФ, 1982, 35, с.302.
2. Antipov Yu.M., Batarin V.A., Bessubov V.A., Budanov N.P., Gorin Yu.P., Denisov S.P., Kotov I.V., Kulinich P.A., Lebedev A.A., Micelmacher G.V., Olshevski A.G., Petrukhin A.I., Polovnikov S.A., Roinishvili V.N., Stoyanova D.A., Travkin V.I.: "Experimental estimation of the sum of pion electrical and magnetic polarizabilities"
- Z. Phys. C, 1985, 26, p. 495; Препринт ОИЯИ, P1-84-490, Дубна, 1984.
3. Ахундов А.А., Бардин Д.Д., Мицельмахер Г.В., Ольшевский А.Г.: "Об электромагнитных поправках к поляризуемостям заряженного пиона"
- ЯФ, 1985, 42, с.671; Препринт ОИЯИ, P2-84-415, Дубна, 1984.
4. Bilenki M.S., Galperin A.S., Micelmacher G.V., Olshevski A.G.: "About the possibility of apparent measuring the electrical and magnetic polarizabilities of charged pion"
- Preprint JINR, E1-84-368, Dubna, 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 ноября 1987 года.