

С 346 + С 344.1
К-90

1 - 3804

Б.А.Кулаков

ИЗМЕРЕНИЕ УПРУГОГО π^- р РАССЕЯНИЯ
НАЗАД В ИНТЕРВАЛЕ ИМПУЛЬСОВ
4 - 7 ГЭВ/С С ПРИМЕНЕНИЕМ
БЕСФИЛЬМОВЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР

Специальность 040 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание учёной
степени кандидата физико-математических наук

Дубна 1968

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук Э.И.Цыганов.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук М.И.Подгорецкий,
кандидат физико-математических наук А.Ф.Писарев.

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Институт физики высоких энергий (г.Серпухов).

Автореферат разослан " " 1968 г.

Защита диссертации состоится " " 1968 г. на заседании Ученого совета Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Адрес: г.Дубна, Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория высоких энергий.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Учёный секретарь Совета

кандидат физико-математических наук

А.А.Кузнецов

1 - 3804

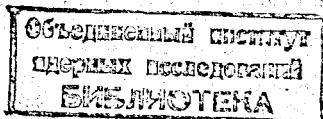
Б.А.Кулаков

ИЗМЕРЕНИЕ УПРУГОГО π^- РАССЕЯНИЯ
НАЗАД В ИНТЕРВАЛЕ ИМПУЛЬСОВ
4 - 7 ГЭВ/С С ПРИМЕНЕНИЕМ
БЕСФИЛЬМОВЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР

Специальность 040 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание учёной
степени кандидата физико-математических наук

5297.69.



В диссертации дается описание выполненного в 1965-66 гг. эксперимента по измерению $\pi^- p$ -рассеяния назад в интервале импульсов 4-7 Гэв/с/1,2/, а также излагаются результаты методических исследований проволочных искровых камер с бесфильмовыми методами съема информации анализируется опыт их эксплуатации/3-5/. Эксперимент был проведен на синхрофазотроне Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

К началу эксперимента в Лаборатории высоких энергий с помощью электронной методики были получены предварительные результаты о $\pi^+ p$ -рассеянии на угол 180° в интервале импульсов 3-5 Гэв/с, позднее опубликованные в работе/7/. В этом эксперименте было установлено существование узкого пика в $\pi^+ p$ -рассеянии назад. Сходный результат был получен и в работе/8/. Представлялось интересным в связи с этим провести аналогичные измерения с π^- -мезонами.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

В главе I дается обзор экспериментальных и теоретических работ по πp -рассеянию на большие углы, выполненных к началу эксперимента.

Еще до появления первых экспериментальных результатов различные теоретические модели предсказывали существование особенностей в сечении πp -рассеяния на углы, близкие к 180° . Поэтому первые экспериментальные работы/6-8/, обна-

ружившие такую особенность, стимулировали усилия теоретиков и экспериментаторов к изучению проблемы.

Наиболее полные предсказания для рассеяния назад, касающиеся угловых и энергетических зависимостей, а также отношений сечений π^+ - и π^- -мезонов, давала теория комплексных угловых моментов^{/9/}, и разработанная применительно к рассеянию назад в основном Грибовым и Померанчуком^{/10,11/}. Основные следствия этой теории для рассеяния назад, вытекающие из указанных выше работ, можно сформулировать следующим образом:

1. Предсказывается энергетическая зависимость сечения:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \sim s^{2\alpha(u)} \cdot \beta(u). \quad (1)$$

$\alpha(u)$ может быть найдена из экспериментов при разных энергиях, но с фиксированной передачей импульса (u) .

2. Как и в случае рассеяния вперед, если процесс определяется одной фермионной особенностью, должно наблюдаться сужение ширины упругого пика назад при увеличении энергии. Это следует из выражения для сечения назад, которое можно записать в виде:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \sim F(u) e^{2[\alpha(u)-i]\ln s} \quad (2)$$

3. В зависимости от того, какой фермионной траекторией определяется π^+ -рассеяние назад, можно ожидать следующих соотношений между сечениями для π^- - и π^+ -рассеяний в асимптотике.

В случае, когда главный вклад дает резонансная Δ -траектория,

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}^{180^\circ}(\pi^-p) / \frac{d\sigma}{d\Omega}^{180^\circ}(\pi^+p) = 9:1. \quad (3)$$

Аналогично для нуклонной N-траектории получим:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}^{180^\circ}(\pi^-p) / \frac{d\sigma}{d\Omega}^{180^\circ}(\pi^+p) = 0:2. \quad (4)$$

В главе II формулируется постановка физической задачи и дается обоснование предлагаемой методики.

Предварительные результаты по изучению π^+ -рассеяния назад, полученные в нашей лаборатории, вызвали интерес к аналогичному изучению π^- -рассеяния и явились одной из причин постановки нашего эксперимента.

Из сравнения отношений сечений π^+ - и π^- -рассеяний на 180° при близких энергиях предполагалось на основании выражений (3) и (4) выяснить вопрос о том, какая фермионная особенность является определяющей в π^+ -рассеянии - нуклонная N или резонансная Δ .

Из энергетических зависимостей сечений назад для π^+ - и π^- -рассеяний можно было сделать качественное заключение о том, насколько мы далеки от асимптотической области.

В связи с трудностью обработки большого количества फिल्मного материала в лаборатории и интереса к новому, недавно возникшему методическому направлению^{/12/} при подготовке экспериментальной установки было решено использовать искровые камеры с бесфильмовым съемом информации. Опыта создания подобных установок не было ни в нашей лаборатории, ни

в других лабораториях Советского Союза, и перед нами встала задача выбора наиболее перспективного из бесфильмовых методов и приобретения практического опыта при изготовлении и эксплуатации установки с использованием бесфильмовых искровых камер.

В главе III дается описание экспериментальной установки, схема которой приведена на рис. 1. Установка работала следующим образом.

π^- -мезоны, падающие на водородную мишень H_2 (длиной 50 см), регистрировались мониторной схемой, в которую на совпадения включались сцинтилляционные счётчики $S1, S2, S4$. Протоны отдачи из реакции $\pi^- + p \rightarrow p + \pi^-$, вылетевшие вперед, регистрировались сцинтилляционными счётчиками $S7, S5, S6$ и проволочными искровыми камерами ИК-3, ИК-4, ИК-5, ИК-6 с так называемым аналоговым съёмом информации. Эти камеры вместе с магнитом типа СП-40-Б1 составляли магнитный спектрометр для определения импульса протона. Счётчик $S3$ и магнитоотрицательные камеры ИК-1, ИК-2 регистрировали π^- -мезоны, рассеявшиеся назад. Камеры и счётчик имели отверстия для пучка первичных π^- -мезонов. Пороговый черенковский счётчик П1 и счётчики антисовпадений $A1, A2, A3$ служили для уменьшения уровня неупругого фона и фона случайных совпадений. Сигнал для запуска искровых камер вырабатывался схемой, в которую на совпадения включались сигналы с мониторной схемы от счётчиков $S7, S5, S6, S3$ и на антисовпадения — сигналы от счётчиков $A1, A2, A3, П1$.

Магнитный канал, использовавшийся в установке, позволял сформировать пучок π^- -мезонов со следующими характеристиками:

1) размер изображения (полная ширина на полувысоте) в месте установки водородной мишени по вертикали — 40 мм, по горизонтали — 30 мм;

2) импульсный разрос в пучке $\frac{\Delta p}{p} = \pm 1,3\%$;

3) угловая расходимость пучка $\pm 0,35^\circ$.

При этом интенсивность в канале была равна $1 \cdot 10^4$ π^- -мезонов на $1 \cdot 10^{10}$ протонов в ускорителе при импульсе 4,1 Гэв/с и $2 \cdot 10^3$ π^- -мезонов на $1 \cdot 10^{10}$ протонов — при 7,1 Гэв/с. Сброс протонов на мишень происходил в режиме магнитного "стола". Время сброса было равным ≈ 300 мсек.

Для получения большого телесного угла, необходимого при измерении малых сечений, в установке применялись сцинтилляционные счётчики со сцинтилляторами большого размера (до $0,75 \times 0,75$ м²), при этом их эффективность, измерявшаяся в эксперименте, оказалась равной $\approx 99\%$. Пороговый черенковский счётчик позволял подавлять π^- -мезоны с импульсом > 2 Гэв/с с вероятностью $\approx 0,99$ и служил также для определения импульса пучка.

При относительно высокой загрузке сцинтилляционных счётчиков пучком и фоном применявшиеся в эксперименте для избирательного запуска искровых камер электронные схемы обеспечивали малое ($\approx 1\%$) число просчётов и случайных совпадений.

Использование в эксперименте двух методов бесфильмового съёма информации с проволочных искровых камер объяснялось желанием опробовать два казавшихся нам наиболее перспективными способа вывода данных — с помощью ферритовых колец и магнитоотрицательной линии. Первые результаты, полученные при разработке указанных способов, опубликованы в работах [3,4].

Для искровых камер ИК-3, ИК-4, ИК-5, ИК-6 (рис. 1), входивших в магнитный спектрометр, был использован аналоговый способ съёма информации при помощи матрицы из ферритовых колец.

Основная трудность, встретившаяся при настройке аналоговых камер, — ложные перемагничивания ферритовых колец из-за паразитных связей в матрице при записи током в момент возникновения искр в камере — была обойдена исполь-

зованием записи "медленным" током. Указанный метод записи был впоследствии с успехом применен в других работах с использованием ферритовых проволочных искровых камер/13/.

На рис. 2 приведено распределение углов "отклонения" частиц на прямом пучке (без магнитного поля). Ширина распределения в этом случае характеризует ошибки в измерении углов частиц, обусловленные только системой искровых камер. Полуширина этого распределения на половине высоты равна ≈ 3 мрад, что соответствует ошибке измерения координаты в одной искровой камере $\approx 1,5$ мм (ферритовые кольца в матрице располагались на расстоянии 2,4 мм друг от друга). Импульсные разрешения спектрометра, измеренные экспериментально с включенным магнитом в первичном пучке π^- -мезонов различных импульсов, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Гэв/с	4,1	5,0	6,0	7,1
$\pm \frac{\Delta p}{p} \%$	2,2	3,1	3,1	4,1

Несколько худшее разрешение магнитного спектрометра в рабочих условиях объяснялось неоднородностью магнитного поля магнита СП-40-Б1 (в рабочих условиях размер пучка в магните был значительно больше, чем при измерении разрешений, указанных в таблице 1).

При конструировании магнитоотрижционных камер был использован метод съема информации, предложенный Перцем-Мендцем/14/.

Основные проблемы, которые были решены при настройке магнитоотрижционных камер - подбор режима отжига магнитоотрижционной ленты для получения достаточного сигнала (≈ 10 мв) и малого затухания его на длине ленты, подбор параметров съемной катушки для получения удовлетворительной формы сигнала, уменьшение отражений от концов ленты, применение ре-

гистрирующей аппаратуры, позволяющей при регистрации малых сигналов избежать влияния наводок при запуске искровых камер.

Точность определения координаты трека в магнитоотрижционных камерах, равная $\lesssim 0,6$ мм при расстоянии между проволоками электродов 1 мм, найдена в работе/4/. На рис. 3 и 4 приведены распределения, характеризующие координатную точность камер, полученные на пучке при запуске камер от сцинтилляционных счётчиков с толщиной сцинтилляторов в 1 мм.

Опыт работы с бесфильмовыми камерами в эксперименте показал, что они с успехом могут заменить фильмовые камеры даже при регистрации редких событий, практически не ухудшают точности регистрации и, благодаря отсутствию фотоаппаратов и сопутствующей им аппаратуры, более просты и надежны в работе.

Большая часть методических решений по съему информации с камер была использована в действующей в нашей лаборатории установке с бесфильмовыми камерами на связи "on-line" с вычислительной машиной/15/.

Перспективность выбранных нами методов бесфильмового съема информации с искровых камер подтверждается большим количеством работ, использующих подобную методику, обзор которых можно найти, например, у Фишера/16/.

В главе IV описаны проведение эксперимента, способы обработки полученных данных, физические результаты и их обсуждение.

Как уже отмечалось, запуск искровых камер осуществлялся событием

$$M + S7 + S5 + S6 + S3 - A1 - A2 - A3 - П 1.$$

Из общего числа запусков установки только часть сопровождалась регистрацией частицы с определенным импульсом в аналоговых камерах и одновременной регистрацией частицы "из мишени" магнитоотрижционными камерами. Отобранные таким образом события для всех измеренных первичных импульсов приведены на

рис. 5. Остальные запуски, а также запуски с регистрацией в аналоговых камерах импульса вне области упругого пика считались ложными.

Анализ ложных запусков, полученных при измерении на импульсе 4,1 Гэв/с, показал, что, в основном, ложные запуски были обусловлены упругими и неупругими взаимодействиями "крыльев" первичного пучка с веществом вне водородной мишени, приводившими к образованию быстрых протонов вперед. В таблице 2 приведены вероятности ложных запусков χ (на 1 отсчёт мониторов).

Таблица 2

Импульс Гэв/с	4,1	5,0	6,0	7,1
χ	1.10^{-7}	3.10^{-7}	3.10^{-7}	7.10^{-7}

Дифференциальные сечения вычислялись по формуле

$$\frac{d\sigma}{d\omega} = \frac{N}{\pi M \epsilon \eta \Delta\omega} \quad (5)$$

где N - число упругих событий, M - число отсчётов монитора, π - число ядер водорода в мишени на см^2 , ϵ и η - коэффициенты, учитывающие эффективности счётчиков и камер, а также фоновую загрузку камер, $\Delta\omega$ - фактор, учитывающий эффективный телесный угол установки, поправку на вторичные взаимодействия частиц, участвующих в реакции.

Число упругих событий N было получено из N_0 (число событий в упругом интервале на рис. 5) введением поправки на неупругие взаимодействия (3%) путем экстраполяции неупругих событий в область упругого пика, как показано на рис. 5 для событий с импульсом 4,1 Гэв/с, а также введением поправки

на случайные совпадения отсчётов аналоговых камер в упругий интервал с событием в камерах ИК-1, ИК-2 "из мишени" (5%). Последняя поправка была оценена из анализа ложных запусков.

Для коэффициентов ϵ и η в формуле (5) брались средние значения, полученные из нескольких измерений при наборе статистики для данного импульса. Произведение $k = \epsilon\eta$ приведено в таблице 3.

Таблица 3

Импульс Гэв/с	4,1	5,0	6,0	7,1
k	$0,55 \pm 0,032$	$0,60 \pm 0,035$	$0,60 \pm 0,035$	$0,66 \pm 0,040$

Фактор $\Delta\omega$ вычислялся методом Монте-Карло на электронной вычислительной машине и приведен в таблице 4.

Таблица 4

Импульс Гэв/с	4,1	5,0	6,0	7,1
$\Delta\omega \times 10^3$ стер.	$8,1 \pm 0,4$	$8,1 \pm 0,4$	$8,4 \pm 0,4$	$7,5 \pm 0,4$

Сечения, полученные по формуле (5), а также число π^- -мезонов, прошедших через установку, и средние значения $\cos\theta$ в системе центра масс для всех первичных импульсов приведены в таблице 5.

Ошибки, приведенные в таблице 5, - чисто статистические. Ошибки в определении ϵ , η и $\Delta\omega$ в формуле (5) приводят к дополнительной ошибке в сечении, равной $\pm 8\%$.

Таблица 5

Импульс ГэВ/с	Число π^- -мезонов	$\frac{d\sigma}{d\Omega} \cos\theta$	$\frac{d\sigma}{d\Omega}$ МКБн стерад	$\frac{d\sigma}{du}$ МКБн (ГэВ/с ²)
4,1	$6,88 \cdot 10^8$	0,9986	$15,5 \pm 1,6$	$28,3 \pm 2,9$
5,0	$3,12 \cdot 10^8$	0,9986	$4,5 \pm 1,1$	$6,6 \pm 1,6$
6,0	$2,32 \cdot 10^8$	0,9986	$4,8 \pm 1,3$	$5,8 \pm 1,6$
7,1	$6,42 \cdot 10^7$	0,9989	$5,0 \pm 2,5$	$5,0 \pm 2,5$

На рис. 6 измеренные сечения приведены вместе с результатом работы /17/. Как видно из этого сравнения, совпадение результатов вполне удовлетворительное. Сечения на 6,0 и 7,1 ГэВ/с на 180° , полученные в эксперименте впервые, хорошо согласуются со степенной зависимостью сечений π^-p -рассеяния назад от энергий, полученной недавно в работе /18/ при измерении сечений в интервале импульсов 6 + 16 ГэВ/с.

Краткие выводы диссертации можно сформулировать следующим образом:

1. В работе измерены дифференциальные сечения упругого π^-p -рассеяния на углы $\approx 180^\circ$ для π^- -мезонов с импульсами 4,1; 5,0; 6,0; 7,1 ГэВ/с. Сечения на импульсах 6,0 и 7,1 ГэВ/с вблизи 180° получены впервые. Сечение при импульсе 6,0 ГэВ/с было подтверждено более поздним измерением /19/.

2. Сечения упругого π^-p -рассеяния на 180° в измеренном интервале убывают при увеличении импульса.

3. Сравнение полученных нами величин дифференциальных сечений упругого π^-p -рассеяния на 180° с данными работы /20/, относящимися к углам $\leq 160^\circ$, показывает существование пика в упругом π^-p -рассеянии назад в измеренном интервале энергий.

4. Анализ полученных данных на основе модели полюсов Редже затруднен из-за влияния резонансного рассеяния в прямом канале.

5. Реферируемая работа явилась первым физическим экспериментом, выполненным с помощью бесфильмовых проволочных искровых камер, и первой работой в нашей стране, использующей методику бесфильмового съема информации. В результате были найдены многие методические и технические решения различных проблем, возникающих при работе с бесфильмовыми искровыми камерами. Получен большой практический опыт работы с этой методикой.

Л и т е р а т у р а

1. Б.А.Кулаков и др. Препринт ОИЯИ Р13-3132, Дубна 1967 г.
2. Б.А.Кулаков и др. Ядерная физика 6, 1010 (1967).
3. И.А.Голутвин и др. ПТЭ № 5 стр. 66 (1966).
4. А.С.Гаврилов и др. ПТЭ № 6 стр. 69 (1966).
5. А.С.Гаврилов и др. Препринт ОИЯИ 13-3503, Дубна 1967 г.
6. M.Aderholz et al. Phys. Lett., 10, 248 (1964).
7. А.С.Вовенко и др. Письма ЖЭТФ 2, 409 (1965).
8. A.J.Alikhanov et al. Phys. Lett., 19, 345 (1965).
9. G.F.Chew and S.C.Frautschi. Phys. Rev. Lett. 7, 394 (1961).
10. В.Н.Грибов. ЖЭТФ 43, 1529 (1962).
11. В.Н.Грибов и др. ЖЭТФ 45, 1114 (1963).
12. Proc. of the Inform. Mett. on Filmless Spark Chamber. CERN-64-30 (1964).
13. М.Х.Аникина и др. Препринт ОИЯИ 1-3050, Дубна, 1966 г.
14. V.Perez-Mendez, et al., Nucl. Instr. Meth., 33, 141 (1965).
15. I.V.Chuvilo et al., Nucl. Instr. Meth., 54, 217 (1967).
16. J.Fischer. Международная конференция по электромагнитным взаимодействиям, Дубна, 1967 г.
17. S.W.Kormanyos et al. Phys. Rev., 164, 1661 (1967).
18. J.Orear et al. Phys. Rev., 152, 1162 (1966).

Рукопись поступила в издательский отдел
10 апреля 1968 года.

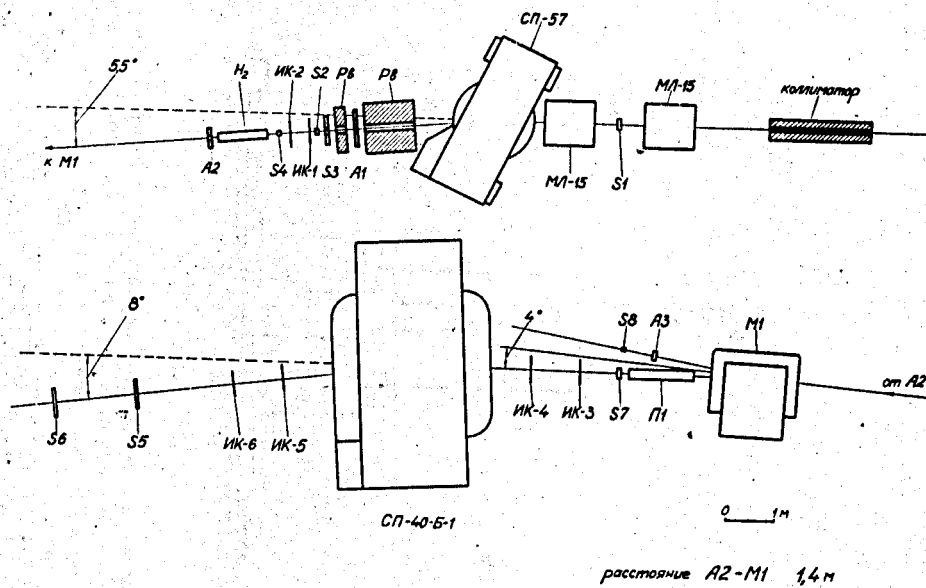


Рис. 1. Общая схема расположения аппаратуры.

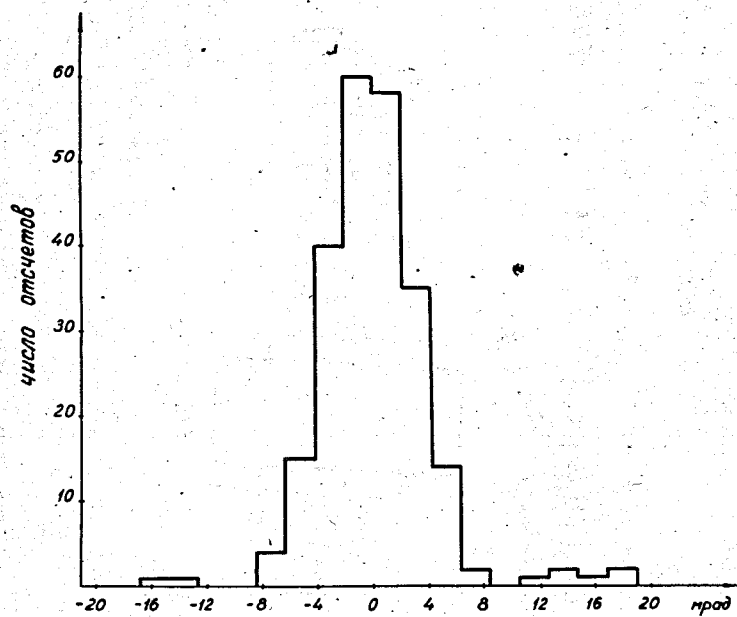


Рис. 2. Распределение углов "отклонения" частиц на прямом пучке. По оси абсцисс - измеренный угол отклонения в град, по оси ординат - число событий на интервал 2 град.

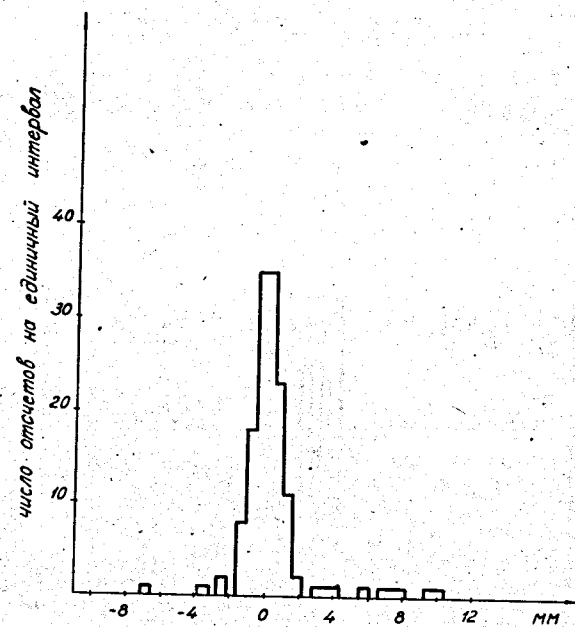


Рис. 3. Координата x.

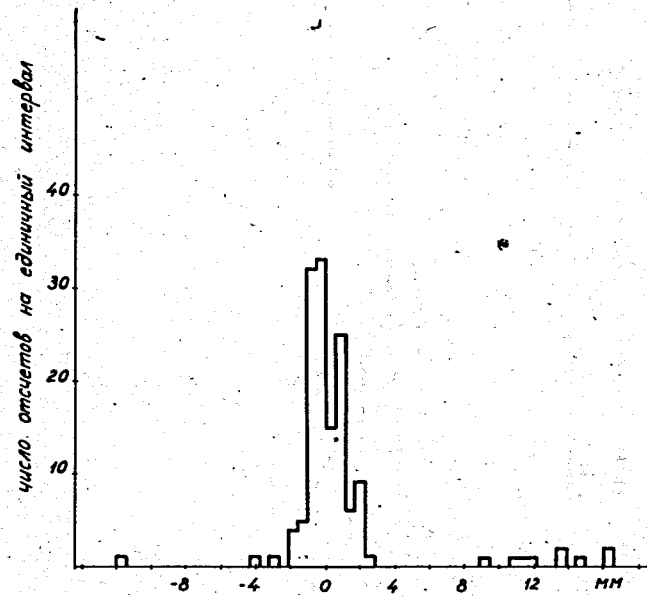


Рис. 4. Координата у.

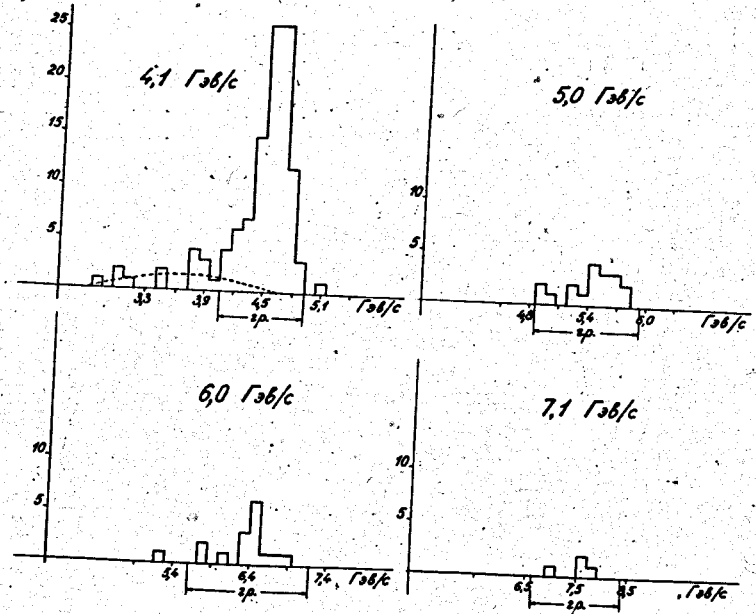


Рис. 5. Распределение событий, отвечающих срабатыванию аналоговых и магнитострикционных камер "в цель" по импульсу протона отдачи. Стрелками отмечены границы упругого пика.

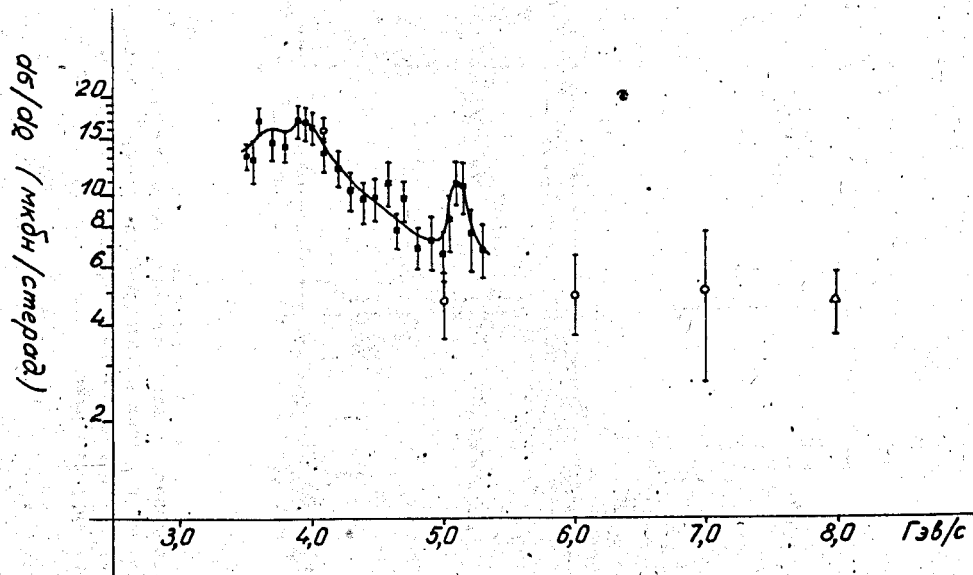


Рис. 6. Сечение $\pi^- p$ -рассеяния на 180° в зависимости от импульса π^- -мезонов. Сплошные квадраты - данные работы/17/; кружки - данные настоящего эксперимента; треугольник - работа/18/.