

1 - 2993

И.М. Василевский

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРОТОНОВ ОТДАЧИ В УПРУГОМ
 π^- -P РАССЕЙАНИИ ПРИ 300 МЭВ И ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ
ПИОН-НУКЛОННОГО РАССЕЙАНИЯ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
доктор физико-математических наук

А.А. Тяпкин

Дубна 1986

1 - 2993

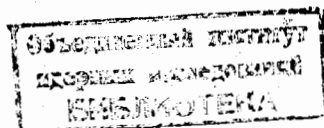
И.М. Василевский

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРОТОНОВ ОТДАЧИ В УПРУГОМ
 π^- -P РАССЕЙНИИ ПРИ 300 МЭВ И ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ
ПИОН-НУКЛОННОГО РАССЕЙНИЯ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
доктор физико-математических наук

А.А. Тяпкин



Изучение процессов пион-нуклонного рассеяния имеет большое значение для построения теории сильных взаимодействий. так как согласно современным представлениям о природе ядерных сил π -мезон есть частица, которая, в основном, ответственна за ядерное взаимодействие нестранных частиц.

Возможность получать π -мезоны с помощью частиц высоких энергий на мощных ускорителях положила начало систематическому изучению свойств π -мезонов. С точки зрения теоретической интерпретации получаемых результатов, наиболее простыми процессами, обусловленными взаимодействием π -мезонов и протонов, являются фоторождение π -мезонов на водороде и рассеяние π -мезонов на протонах.

Анализ пион-нуклонного рассеяния, проведенный на основе фазовой теории рассеяния, позволил установить некоторые закономерности во взаимодействии π -мезонов с нуклонами.

Однако при проведении первых фазовых анализов оказалось, что экспериментальные данные по угловому рассеянию одинаково хорошо описываются несколькими наборами фазовых сдвигов. Для устранения неоднозначности, появляющейся при проведении фазового анализа, Э. Ферми^{1/} предложил измерять поляризацию нуклонов отдачи, возникающую в π - p -рассеянии, так как величина поляризации значительно чувствительнее к малым значениям фаз и их знакам, чем угловые распределения рассеянных пионов.

В реферируемой диссертации описаны измерения поляризации протонов отдачи от процесса упругого рассеяния отрицательных пионов на водороде при энергии 300 Мэв и проведен фазовый анализ при 310 Мэв.

К началу описываемых в диссертации исследований данные по изучению поляризации протонов отдачи в пион-нуклонном рассеянии отсутствовали. Такое положение в значительной мере объясняется методическими трудностями, связанными с проведением этих измерений. Эти эксперименты по классу принадлежат к экспериментам, в которых

изучаются редкие случаи тройного рассеяния: наблюдается двойное рассеяние (π^- -мезона и протона отдачи), а, в свою очередь, пучок π^- -мезонов является вторичным пучком. Кроме того, анализирующая способность углерода, используемого как мишень для рассеяния протонов отдачи, низка при энергиях протонов меньше 100 Мэв.

Настоящая диссертация написана на основе экспериментальных исследований, выполненных автором совместно с В.В. Вишняковым и А.А. Тяпкиным.

Основные результаты описанных в диссертации исследований были представлены на международных конференциях по физике высоких энергий (1962, 1964 и 1966 г.г.) и на конференцию по приборам (Женева, 1959) и опубликованы в работах^{/2-9/}.

В первой главе рассмотрены результаты по измерению поляризации протонов отдачи в π^- -р-рассеянии при 300 Мэв, полученные с помощью системы годоскопических счетчиков с управляемым импульсным питанием. Описана экспериментальная установка, используемая в этих опытах.

Во вторую главу включен экспериментальный материал по изучению поляризации протонов отдачи в упругом π^- -р-рассеянии ($E = 300$ Мэв), полученный с помощью искровой камеры. Описан эксперимент, выполненный на поляризованном протонном пучке с целью определения анализирующей способности углерода.

Третья глава содержит результаты фазового анализа π^- -N-рассеяния при энергии 300-310 Мэв. Материалы, представленные в этой главе, базируются на работах^{/7-8/}, выполненных автором совместно с В.В. Вишняковым, И.М. Иванченко, Л.И. Лапидусом, И.Н. Силиным, А.А. Тяпкиным и В.А. Щегельским.

1.

Описанные в диссертации измерения были выполнены на шестиметровом синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Из-за малых потоков π^- -мезонов с энергией (300 ± 7) Мэв $[= (1-2) \cdot 10^4 \pi^-/\text{сек}]$ необходимо было использовать "визуальную методику", позволяющую надежно анализировать каждый случай рассеяния и обеспечивающую регистрацию протонов отдачи, вылетающих в широком интервале углов из водородной мишени.

Когда намечалось создание аппаратуры для измерения поляризации протонов отдачи, наиболее перспективным для этих измерений оказался метод импульсного питания гейгеровских газоразрядных счетчиков, предложенный в 1955 г. А.А. Тяпкиным^{/10/}. Использование импульсного питания, позволяя сравнительно просто создать годоскопические системы с большим количеством гейгеровских счетчиков, делает

возможным их использование в экспериментах на ускорителях за счет устранения просчетов, обусловленных мертвым временем счетчиков.

На рис. 1 представлено расположение годоскопических счетчиков в установке, созданной для измерения поляризации протонов отдачи. Установка состоит из двух частей - "круглого годоскопа" (см. рис. 2) для выделения упругого рассеяния пионов на водороде и нескольких рядов гейгеровских счетчиков, расположенных за углеродной мишенью, с помощью которых выделяются случаи рассеяния протонов отдачи на ядрах углерода. Управление годоскопической системой осуществлялось сцинтилляционными счетчиками, которые отбирали случаи взаимодействия π^- -мезонов в водородной мишени.

Для регистрации разрядов в годоскопических счетчиках были применены безакальные тиратроны МТХ-90. Расположение неоновых ламп на панели было подобным расположению годоскопических счетчиков; это облегчало последующую обработку фотографий.

В процессе эксперимента с использованием годоскопической системы было получено около 400 000 фотографий. По установленным критериям отбора было найдено 777 случаев рассеяния протонов отдачи в интервале углов отдачи $16-31^\circ$. В таблице 1 приведены полученные значения поляризации протонов отдачи.

Направление поляризации было выбрано параллельным $(\vec{K}_i \times \vec{K}_f)$, где \vec{K}_i и \vec{K}_f - начальный и конечный импульсы мезона.

Т а б л и ц а 1

θ_π (с.д.и.)	P
143°	$0,14 \pm 0,12$
135°	$0,13 \pm 0,13$
127°	$0,13 \pm 0,14$
119°	$0,41 \pm 0,18$

При вычислении поляризации протонов отдачи по найденной асимметрии протонов на ядрах углерода использовались данные по анализирующей способности углерода, полученные Диксоном и Салтером, а также результаты, приведенные в работе Бирджа и Фаулера^{/11/}.

Полученные данные о поляризации протонов отдачи в π^- -р-рассеянии и имеющаяся информация о π^- -р-рассеянии в районе 310 Мэв были подвергнуты SPD-фазовому анализу (см. гл. 1, § 5).

В 1984 году Д. Ропер^{/12/}, используя большое количество экспериментальных данных о пин-нуклонном рассеянии, в том числе и наши результаты (см. таблицу 1), провел фазовый анализ в области энергий от 0 до 700 Мэв. На рис. 3 представлено полученное нами значение поляризации протонов отдачи и предсказанное из фазовых сдвигов Ропера. Набор фазовых сдвигов Ропера аналогичен нашему первому решению.

В SPD -фазовом анализе Вика и Рутге^{/13/} (310 Мэв) нет решения, аналогичного нашему первому решению.

II.

Во второй главе диссертации описана экспериментальная аппаратура и результаты измерений поляризации протонов отдачи от процесса упругого π^- -p -рассеяния при 300 Мэв, выполненных с помощью искровой камеры. На рис. 4 представлен план расположения аппаратуры в эксперименте. Годоскоп гейгеровских счетчиков использовался для выделения упругого π^- -p -рассеяния. С помощью искровой камеры измерялась асимметрия рассеяния протонов отдачи ядрами углерода. Выбранная конструкция искровой камеры и режим импульсного питания^{/14/} обеспечивали возникновение искр вдоль наклонных треков вплоть до 45° . Это обстоятельство позволяло точно определять угол вылета протона отдачи из водородной мишени и надежно выделять протоны, испытавшие рассеяние в углеродных анализаторах, расположенных в электродах искровой камеры. На фотографии 5 представлен типичный случай рассеяния протона отдачи в углеродной пластине.

В течение эксперимента (1983-84 г.г.) по измерению асимметрии протонов отдачи было получено около 700 000 кадров. Каждый кадр состоял из фотографии панели неоновых ламп годоскопа и фотографий проекций искровой камеры. По установленным критериям обработки было найдено 2189 случаев рассеяния в углеродных пластинах. Информация о каждом случае рассеяния вводилась в ЭВМ. Для определения поляризации протонов отдачи использовался метод максимального правдоподобия.

В эксперименте (1984-88 г.г.) число случаев рассеяния протонов отдачи на ядрах углерода, по которым определялась асимметрия, было увеличено до 5191.

Анализирующая способность углеродных мишеней была измерена на поляризованном пучке с энергией 122, 136 и 148 Мэв. Энергия протонного пучка указана для центра первой пластины. На рис. 6 и 7 представлено расположение аппаратуры в этих измерениях. В таблице II приведены результаты измерения анализирующей способности углерода при 136 Мэв.

Т а б л и ц а II.

Место, где произошло рассеяние	Электрод, в котором остановился протон после рассеяния	Анализирующая способность углерода	Количество наблюдавшихся случаев
1	2	3	4
23	56	$0,20 \pm 0,08$	520
23	67	$0,34 \pm 0,08$	497
23	78	$0,55 \pm 0,08$	387
23	> 8	$0,77 \pm 0,06$	660
34	56	$0,27 \pm 0,07$	811
34	67	$0,27 \pm 0,08$	784
34	78	$0,38 \pm 0,08$	658
34	> 8	$0,62 \pm 0,04$	927
45	67	$0,25 \pm 0,08$	1415
45	78	$0,17 \pm 0,09$	1048
45	> 8	$0,52 \pm 0,07$	1484

Полное количество наблюдавшихся случаев 9191.

х) Приведенные цифры в двух первых колонках есть номера искровых промежутков в камере, т.е. 23 соответствует третьему электроду, находящемуся между 2 и 3 искровыми промежутками.

В таблицах III и IV представлены значения поляризации протонов отдачи, полученные в двух сериях измерений.

Таблица III

Результаты измерений, проведенных в 1983-84 г.г.

θ_π (с.п.я.)	P
-----------------------	---

146°	$0,03 \pm 0,11$
141°	$0,16 \pm 0,12$
$136,6^\circ$	$0,20 \pm 0,09$
$131,4^\circ$	$0,30 \pm 0,11$
125°	$0,25 \pm 0,17$

Таблица IV

Результаты измерений, проведенных в 1984-88 г.г.

θ_π (с.п.я.)	P
-----------------------	---

$146,0^\circ$	$0,16 \pm 0,18$
$141,0^\circ$	$0,15 \pm 0,12$
$136,6^\circ$	$0,28 \pm 0,09$
$131,4^\circ$	$0,30 \pm 0,09$
$126,4^\circ$	$0,33 \pm 0,11$
$121,3^\circ$	$0,29 \pm 0,20$

Т а б л и ц а V

окончательные результаты (1983-86 г.г.)

θ_{π} (с.п.л.)	P
I46 ⁰	0,06±0,09
I41 ⁰	0,16±0,09
I36,6 ⁰	0,25±0,06
I31,4 ⁰	0,33±0,08
I26,4 ⁰	0,38±0,10
I21,3 ⁰	0,32±0,18

III

Используя экспериментальный материал по пион-протонному рассеянию при 310 Мэв (см. гл. III, § 3) и полученную в экспериментах 1983-1984 г.г. величину поляризации протонов отдачи при 300 Мэв, мы провели фазовый анализ π^-N -рассеяния (SPD и SPDF). Поиск возможных наборов производился в предположении SPD-анализа.

Программа для проведения фазового анализа была составлена И.М. Иванченко и В.А. Щегельским^{/15/}.

Полученный результат был доложен на Дубненской конференции по физике высоких энергий^{/17/} (1984 г.). Наш набор I (см. гл. III, § 3) аналогичен в общих чертах набору II Вика-Ругге^{/13/}, фазовые сдвиги этих наборов очень близки к значениям фазовых сдвигов, которые следуют из анализа, проведенного Д. Ропером^{/12/}.

Дополнительные указания в пользу нашего набора I дают дисперсионные соотношения. (Так, при 310 Мэв фаза S_{11} должна быть положительной и по величине равной $16,5 \pm 5^\circ$ ^{/16/}).

В ряде работ^{/17-20/}, посвященных фазовому анализу, доложенных на Дубненской конференции и появившихся после нее, приводятся аргументы только в пользу набора II Вика-Ругге, в то время как Вик и Ругге выбрали набор I, как лучше согласующийся с их измерениями поляризации протонов отдачи.

В работе^{/17/} указывалось на необходимость проведения повторных измерений поляризации протонов отдачи в π^-p -рассеянии при 310 Мэв. В другой работе^{/18/} отмечалось, что величина поляризации протонов отдачи, измеренная Виком и Ругге, не включалась в анализ, так как авторы работы^{/18/} считают ее неправильной.

Сомнения, высказанные в этих работах относительно экспериментальных результатов Вика и Ругге, побудили нас увеличить статистику в измерениях лево-правой асимметрии протонов отдачи при рассеянии на углероде и провести более тщательное измерение анализирующей способности углерода.

В таблице IV приведена величина поляризации протонов отдачи, полученная в эксперименте 1984-86 г.г. Сравнение результатов, помещенных в таблицах III и IV, показывает, что они находятся в хорошем согласии. В таблице V представлены значения поляризации, полученные объединением наших прежних и новых данных.

На рис. 8 представлены величины поляризации протонов отдачи, полученные Виком и Ругге, и окончательные наши результаты.

Фазовые сдвиги, полученные Лавласом^{/18/} при 310 Мэв, находятся в хорошем согласии с нашим набором I.

Отметим, что наши результаты по измерению поляризации протонов отдачи^{/17/} были использованы в фазовом анализе Барейра^{/21/}. Полученный в этой работе набор фазовых сдвигов был аналогичен нашему набору I.

Используя уточненную величину поляризации протонов отдачи в π^-p -рассеянии при 300 Мэв (см. табл. V) и данные о π^-p -взаимодействии при 310 Мэв (гл. III, § 4), мы провели фазовый анализ. В процессе поиска возможных наборов (SPDF-анализ) было обнаружено на одно решение больше, чем в работе Вика и Ругге.

Осуществлено несколько вариантов SPDF-фазовых анализов, в которых использовались имеющиеся данные о процессе перезарядки, полученные Карисом^{/22/} (угловое распределение γ -квантов от распада π^0 -мезонов при 317 Мэв) и Линдом^{/23/} (угловое распределение π^0 -мезонов при 313 Мэв, измеренное по времени пролета нейтронов).

Проведенные исследования показали, что следует отдать предпочтение данным Кариса, так как имеется некоторая несовместимость результатов Линда с другими экспериментальными данными. Во всех вариантах фазовых анализов, обсуждаемых ниже, были использованы только данные Кариса.

В таблицах VI и VII представлены фазовые сдвиги, которые были получены с учетом SPD и SPDF-волн^{x)}.

x) В этой и во всех последующих таблицах значения фазовых сдвигов приводятся в градусах.

Т а б л и ц а VI			
I	II	III	
S_{31} -20,7±0,5	-18,3±0,6	-19,4±0,6	
P_{31} - 6,5±0,5	- 4,4±0,5	- 5,5±0,5	
P_{33} 131,9±0,5	135,4±0,6	135,5±0,6	
D_{33} 1,5±0,4	1,9±0,3	1,4±0,3	
D_{35} - 3,5±0,4	- 4,0±0,4	- 3,1±0,4	
S_{11} 13,8±1,6	- 6,5±1,3	- 7,2±0,7	
P_{11} 16,4±0,7	28,9±1,4	- 3,5±0,5	
P_{13} - 4,5±0,7	8,4±0,4	2,3±1,1	
D_{13} 2,9±0,2	5,1±0,4	- 5,5±0,3	
D_{15} 0,8±0,3	- 0,1±0,3	15,4±0,7	
M 107,6	151,4	192,8	

$$\bar{M} = 59$$

Т а б л и ц а VII				
I	II	III	IV	
S_{31} -20,7±0,7	-16,6±1,2	-14,7±1,2	-21,6±0,5	
P_{31} - 8,8±1,5	- 1,5±1,4	0,3±1,5	-10,5±1,2	
P_{33} 134,6±0,8	134,4±0,6	134,8±0,6	134,6±0,8	
D_{33} - 0,8±1,1	3,9±0,9	4,8±0,8	- 2,1±0,9	
D_{35} - 1,5±1,1	- 5,8±0,7	- 6,8±0,8	- 0,2±1,0	
F_{35} - 0,5±0,5	0,6±0,3	0,6±0,3	- 1,2±0,5	
F_{37} 1,6±0,7	- 1,1±0,5	- 1,7±0,5	2,5±0,6	
S_{11} 16,5±1,3	2,1±1,7	24,4±0,9	1,7±0,7	
P_{11} 20,7±0,9	29,2±1,0	15,6±0,9	1,2±0,6	
P_{13} - 3,2±0,7	9,0±0,8	0,4±0,8	1,8±0,7	
D_{13} 5,6±0,6	2,2±0,7	- 4,0±0,5	- 1,0±0,4	
D_{15} 1,6±0,8	- 0,8±0,6	+ 1,6±0,6	13,7±0,6	
F_{15} 1,2±0,3	- 3,8±0,5	- 0,8±0,2	- 0,2±0,3	
F_{17} 0,0±0,3	- 0,4±0,4	- 3,9±0,3	3,6±0,4	
M 58,8	77,7	93,7	98,7	

$$\bar{M} = 55$$

Учет взаимодействия в F -состоянии сильно уменьшает значения M. Для первого набора $\Delta M = 49$, для второго $\Delta M = 74$ и для четвертого $\Delta M = 84$. Из двух наборов (I и II), заслуживающих рассмотрения по величине M, набор I является наиболее вероятным.

На рис. 9 приведены расчетные кривые углового распределения π^0 -мезонов от процесса обменного рассеяния в системе центра инерции для четырех наборов фазовых сдвигов (см. таблицу VII). На этом же рисунке нанесено ожидаемое угловое распределение π^0 -мезонов, вычисленное по фазовым сдвигам Ропера^{/12/}. Точками представлены экспериментальные результаты, полученные Линдом и др.^{/23/}.

Как видно из рис. 9, заметное различие в ходе кривых, соответствующих наборам I и II, наблюдается при углах больше 100° . Набор II плохо удовлетворяет данным по обменному рассеянию, за счет этих данных вклад в M равен 23.

Для выяснения влияния неупругого взаимодействия на фазовые сдвиги, соответствующие состоянию с изоспином 1/2, было проведено исследование, при котором в процессе минимизации функционала M на параметры неупругости (η) накладывалось условие $0 \leq \eta \leq 1$. Результаты, полученные в этом исследовании для наборов I и II (SPD и SPDF - анализ), представлены в таблице VIII.

Отметим, что учет одного неупругого параметра в SPD - анализе для набора I уменьшил M на 28 единиц.

С целью выяснения того, какую информацию несут наши данные по измерению поляризации протонов отдачи в фазовый анализ при 310 Мэв, в одном из вариантов анализа в качестве исходных данных была включена вся информация о π -p -рассеянии, кроме значений поляризаций протонов отдачи при 300 Мэв. Все фазовые сдвиги набора I за исключением двух (S_{11} и P_{11}) изменились незначительно. Величина фазового сдвига S_{11} возросла с (16,5±1,3) до (25,8±2), а значение P_{11} уменьшилось с (20,7±0,9) до (10,6±1,9). Такое сильное изменение фазовых сдвигов (S_{11} и P_{11}) привело к большим изменениям в угловой зависимости поляризации (см. рис. 10). Эти значения S_{11} и P_{11} расходятся с результатами, полученными в других фазовых анализах^{/7,12,17-19/}.

В ряде работ^{/18,19,21/}, посвященных фазовому анализу по π -N -взаимодействию в диапазоне 300-700 Мэв, результаты фазового анализа при 300 Мэв играют роль "опорной точки" для всей области энергий. Из физических соображений, основанных на картине резонансов^{/17/}, в результате анализа трех наборов фазовых сдвигов Вика-Ругге предпочтение отдается не набору I с M = 43,7 (при $\bar{M} = 52$), а набору II с M = 64,2.

Т а б л и ц а VIII

	I		II	
S_{31}	$-20,5 \pm 0,8$	$-19,3 \pm 0,6$	$-16,4 \pm 1,2$	$-18,2 \pm 0,6$
P_{31}	$-8,2 \pm 1,5$	$-5,3 \pm 0,5$	$-1,3 \pm 1,4$	$-4,4 \pm 0,5$
P_{33}	$134,4 \pm 0,8$	$133,6 \pm 0,6$	$134,5 \pm 0,6$	$135,4 \pm 0,6$
D_{33}	$-0,4 \pm 1,1$	$1,8 \pm 0,4$	$4,0 \pm 0,9$	$2,0 \pm 0,3$
D_{35}	$-1,9 \pm 1,1$	$-3,9 \pm 0,4$	$-5,9 \pm 0,7$	$-4,0 \pm 0,4$
F_{35}	$-0,3 \pm 0,5$	-	$0,6 \pm 0,3$	-
F_{37}	$1,3 \pm 0,7$	-	$-1,2 \pm 0,5$	-
S_{11}	$16,3 \pm 1,5$	$16,7 \pm 1,7$	$1,8 \pm 1,7$	$-6,8 \pm 1,3$
P_{11}	$20,5 \pm 0,9$	$18,1 \pm 0,7$	$28,2 \pm 1,2$	$28,0 \pm 1,4$
P_{15}	$-3,5 \pm 0,7$	$-4,1 \pm 0,8$	$9,1 \pm 0,8$	$8,6 \pm 0,4$
D_{13}	$5,0 \pm 0,6$	$2,6 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,7$	$5,2 \pm 0,4$
D_{15}	$1,0 \pm 0,7$	$0,6 \pm 0,4$	$-0,9 \pm 0,6$	$-0,1 \pm 0,3$
F_{15}	$0,8 \pm 0,3$	-	$-3,8 \pm 0,5$	-
F_{17}	$0,6 \pm 0,4$	-	$-0,4 \pm 0,4$	-
n	$\eta(P_{II})=0,92$	$\eta(P_{II})=0,92$	$\eta(P_{I3})=0,98$	$\eta(P_{I3})=0,98$
			$\eta(D_{I3})=0,99$	
M	54,0	79,2	81,2	162,3
\bar{M}	55	59	54	59

Мы повторили анализ Вика и Ругге, введя дополнительно в анализ результаты по измерению поляризации нейтронов отдачи из реакции рассеяния π^- -мезонов на водороде с обменом заряда ^{/24/}, которые появились после опубликования их фазового анализа.

В таблице IX приведены полученные значения фазовых сдвигов.

В этом случае произошло сильное увеличение значения M для набора I. Как видно из таблицы IX, наборы II и III одинаково вероятны. Наш набор I аналогичен набору II Вика-Ругге.

Дисперсионные соотношения для пион-нуклонного рассеяния при 310 Мэв приводят к значениям действительных частей амплитуд рассеяния вперед, равным $D_+ = -(0,86 \pm 0,08) \frac{\hbar}{m_\pi c}$ и $D_- = -(0,04 \pm 0,01) \frac{\hbar}{m_\pi c}$ для рассеяния протонами соответственно π^+ и π^- -мезонов ^{/25/}. В таблице X приведены значения D_+ и D_- , вычисленные через фазовые сдвиги, полученные при SPD и SPDF-анализах.

Т а б л и ц а IX

	I	II	III
S_{31}	$-21,5 \pm 0,5$	$-20,7 \pm 0,7$	$-16,1 \pm 1,2$
P_{31}	$-10,8 \pm 1,2$	$-8,8 \pm 1,5$	$-0,8 \pm 1,4$
P_{33}	$135,5 \pm 0,9$	$134,4 \pm 0,8$	$134,5 \pm 0,6$
D_{33}	$-2,4 \pm 0,8$	$-0,7 \pm 1,1$	$4,3 \pm 0,9$
D_{35}	$0,2 \pm 1,0$	$-1,6 \pm 1,1$	$-6,1 \pm 0,7$
F_{35}	$-1,4 \pm 0,5$	$-0,5 \pm 0,5$	$0,7 \pm 0,3$
F_{37}	$2,6 \pm 0,6$	$1,6 \pm 0,7$	$-1,3 \pm 0,5$
S_{11}	$-2,2 \pm 1,0$	$12,0 \pm 1,3$	$4,9 \pm 1,6$
P_{11}	$0,4 \pm 0,7$	$23,2 \pm 0,9$	$29,9 \pm 1,0$
P_{13}	$5,7 \pm 1,0$	$-2,8 \pm 0,6$	$8,1 \pm 1,0$
D_{13}	$-2,7 \pm 0,5$	$5,8 \pm 0,6$	$-0,3 \pm 0,7$
D_{15}	$15,3 \pm 0,6$	$2,5 \pm 0,7$	$-0,8 \pm 0,6$
F_{15}	$0,9 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,3$	$-3,2 \pm 0,5$
F_{17}	$0,3 \pm 0,7$	$0,3 \pm 0,3$	$-0,6 \pm 0,4$
M	83,2	69,1	70,7

M-53

Т а б л и ц а X

	$D_+ / \frac{\hbar}{m_\pi c}$	$D_- / \frac{\hbar}{m_\pi c}$
SPD I	$-0,72 \pm 0,01$	$-0,09 \pm 0,02$
SPD II	$-0,70 \pm 0,01$	$0,00 \pm 0,02$
SPDF I	$-0,69 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,03$
SPDF II	$-0,69 \pm 0,01$	$-0,05 \pm 0,02$

На рис. 11, взятом из работы ^{/26/}, мы нанесли значения D_+ и D_- , полученные для наборов I и II в случае SPDF -анализа.

Как видно из рис. 11, значения действительной части амплитуды рассеяния вперед, соответствующие решению Ропера при 310 Мэв и нашему набору I, одинаково отличаются от предсказанного значения D_- .

Для того чтобы уменьшить имеющееся расхождение, мы ввели в фазовый анализ в качестве начальных данных предсказанные значения D_+ и D_- из дисперсионных соотношений. Это привело к тому, что набор III перешел в I. В таблице XI представлены полученные значения фазовых сдвигов.

Т а б л и ц а XI

	I		II	
S_{31}	$-21,0 \pm 0,6$	$-20,7 \pm 0,7$	$-16,2 \pm 1,0$	$-15,9 \pm 1,0$
P_{31}	$-9,3 \pm 1,3$	$-8,7 \pm 1,4$	$-1,0 \pm 1,2$	$-0,6 \pm 1,2$
P_{33}	$134,4 \pm 0,8$	$134,4 \pm 0,8$	$134,6 \pm 0,6$	$134,7 \pm 0,6$
D_{33}	$-1,1 \pm 1,0$	$-0,7 \pm 1,1$	$4,2 \pm 0,8$	$4,4 \pm 0,8$
E_{35}	$-1,2 \pm 1,0$	$-1,7 \pm 1,0$	$-6,0 \pm 0,6$	$-6,2 \pm 0,6$
F_{35}	$-0,6 \pm 0,5$	$-0,5 \pm 0,5$	$0,7 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,3$
F_{37}	$1,8 \pm 0,6$	$1,5 \pm 0,7$	$-1,3 \pm 0,4$	$-1,4 \pm 0,4$
S_{11}	$14,9 \pm 1,3$	$15,0 \pm 1,3$	$2,3 \pm 1,7$	$1,9 \pm 1,7$
P_{11}	$19,7 \pm 0,7$	$19,8 \pm 0,8$	$29,2 \pm 1,0$	$28,0 \pm 1,2$
P_{13}	$-4,4 \pm 0,5$	$-4,3 \pm 0,4$	$9,3 \pm 0,6$	$9,4 \pm 0,6$
D_{13}	$5,2 \pm 0,6$	$4,8 \pm 0,6$	$2,2 \pm 0,7$	$2,3 \pm 0,8$
D_{15}	$0,5 \pm 0,5$	$0,4 \pm 0,5$	$-0,6 \pm 0,3$	$-0,6 \pm 0,4$
F_{15}	$1,1 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,3$	$-3,7 \pm 0,5$	$-3,8 \pm 0,5$
F_{17}	$-0,4 \pm 0,3$	$0,3 \pm 0,3$	$-0,3 \pm 0,3$	$-0,1 \pm 0,3$
η	$\eta(P_{II})=0,93$		$\eta(P_{I3})=0,98$ $\eta(D_{I3})=0,99$	
M	63,7	56,2	78,4	82,4
\bar{M}	57	57	57	56

Как видно из таблиц VII и XI, в результате учета предсказаний дисперсионных соотношений значения фазовых сдвигов изменялись незначительно.

В ряде теоретических работ, основывающихся на дисперсионных соотношениях, в некоторых дополнительных предположениях получены заключения о фазовых сдвигах парциальных волн.

На рис. 12, взятом из работы ^{/27/}, мы нанесли значения S -фаз, соответствующих наборам I и II в случае SPDF -анализа. Имеющееся согласие в величине фазового сдвига S_{11} с предсказанием свидетельствует в пользу набора I.

В теоретической работе Доначи и др. ^{/28/} предсказано поведение P, D и F фазовых сдвигов в пион-нуклонном рассеянии. Проведенное сравнение (см. гл. III, § 6) показывает, что имеется хорошее согласие между фазовыми сдвигами нашего набора I с предсказанными Доначи, в том числе и для F -фаз.

На рис. 8, взятом из работы ^{/19/}, проводится сравнение экспериментальных значений поляризации протонов отдачи, измеренных Виком и Ругге, и ожидаемой угловой зависимостью поляризации согласно вычислений Брансдена.

На рис. 8 мы привели наши результаты измерений поляризации протонов отдачи при 300 Мэв. Видно, что между ними и предсказаниями Брансдена имеется хорошее согласие.

Основные результаты, полученные в работах, включенных в диссертацию, можно сформулировать следующим образом:

1. Измерена поляризация протонов отдачи от упругого π^-p -рассеяния при энергии 300 Мэв с использованием годоскопа газоразрядных гейгеровских счетчиков в режиме управляемого импульсного питания (1962 г.).

Всего было зарегистрировано 777 случаев рассеяния протонов отдачи (от процесса упругого π^-p -рассеяния) на углероде.

2. Измерена поляризация протонов отдачи от реакции упругого π^-p -рассеяния при энергии 300 Мэв с использованием искровой камеры и годоскопа газоразрядных гейгеровских счетчиков. Число случаев рассеяния протонов отдачи на ядрах углерода, по которым определялась асимметрия, было равно 5191.

3. Экспериментально изучена анализирующая способность углеродных мишеней, расположенных в электродах искровой камеры на протонном пучке известной поляризации с энергией 122, 136 и 148 Мэв. В этих экспериментах было проанализировано более 20 000 случаев рассеяния протонов на углероде.

4. Сравнение величин поляризации протонов отдачи, полученных нами при 300 Мэв, с результатами измерений Вика и Ругге (1963 г.), проведенных при 310 Мэв (см. рис.8), показывает, что значения наших экспериментальных точек систематически лежат ниже значений, полученных Виком и Ругге.

5. В результате поиска возможных наборов фазовых сдвигов, удовлетворяющих имеющимся экспериментальным данным по пион-протонному взаимодействию, найдено три набора фазовых сдвигов в SPD -анализе и четыре набора в SPDF -анализе.

6. Учет взаимодействия в F -состоянии сильно уменьшает M (см. таблицы VI и VII).

7. Изучение влияния неупругости на фазовые сдвиги в состоянии с изоспином 1/2 показало, что в случае набора I неупругость проявляется в состоянии $P_{11}, [\eta(P_{11})=0,92]$.

8. Наш набор I является наиболее вероятным. Лишь значения фазовых сдвигов набора I находятся в хорошем согласии с результатами фазовых анализов, выполненных при соседних энергиях. Этот набор в основных чертах близок к набору II Вика-Ругге.

9. Учет измеренных нами значений поляризации протонов отдачи в фазовом анализе привел к сильным изменениям величин фазовых сдвигов в состояниях S_{11} и P_{11} .

10. Повторение фазового анализа Вика и Ругге, проведенного нами с использованием данных о поляризации нейтронов отдачи от процесса обменного рассеяния, привело к тому, что набор I Вика-Ругге перестал быть наиболее вероятным (см. таблицу IX).

11. В описанных исследованиях впервые в экспериментах на ускорителях была использована годоскопическая система гейгеровских счетчиков.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 октября 1968 г.

Литература

1. E.Fermi. Phys.Rev., 91, 947, 1953.
2. И.М.Василевский, В.В.Вишняков. Препринт ОИЯИ, P-287, 1959. ПТЭ, 2, 58, 1960.
3. И.М.Василевский, В.В.Вишняков. ЖЭТФ, 38, 441, 1960.
4. I.M.Vasilevsky, V.V.Vishnyakov, E.Iliescu, A.A.Tyapkin. Proceedings of Intern Conf. on High Energy Accelerators and Instrumentation. CERN, 589, 1959
5. И.М.Василевский, В.В.Вишняков. Препринт ОИЯИ, Д-1202, 1963.
6. И.М.Василевский, В.В.Вишняков, А.А.Тяпкин. XII Международная конференция по физике высоких энергий, Дубна, 1964 г., том I, стр. 42.
7. И.М.Василевский, В.В.Вишняков, И.М.Иванченко, В.А.Щегельский. XII Международная конференция по физике высоких энергий. Дубна, 1964 г., стр. 43.
8. И.М.Василевский, В.В.Вишняков, И.М.Иванченко, Л.И.Лapidус, И.Н.Силин, А.А.Тяпкин, В.А.Щегельский. Препринт ОИЯИ, Е-2860, 1966. Phys.Letters, 23, 174, 1966. Работа была представлена на XIII Конференции по физике высоких энергий, Беркли, 1966 г.
9. И.М.Василевский, В.В.Вишняков, И.М.Иванченко, Л.И.Лapidус, И.Н.Силин, А.А.Тяпкин, В.А.Щегельский. Препринт ОИЯИ P-2898, 1966.
10. А.А.Тяпкин. ПТЭ, 3, 51, 1956. В.В.Вишняков, А.А.Тяпкин. Атомная энергия, 10, 298, 1957.
11. J.M.Dickson, D.C.Salter. Nuovo Cimento 6, 235, 1957. R.W.Birge, W.B.Fowler. Phys.Rev.Lett., 3, 254, 1960.
12. D.Roper, R.M.Wright. UCRL-7846, 1964.
13. O.T.Vik, H.R.Rugge. Phys.Rev., 129, 2311, 1963.
14. А.А.Тяпкин, Цзоу Чжу-лянь. ПТЭ, 5, 84, 1962 г.
15. И.М.Иванченко, В.А.Щегельский. Ядерная физика, 3, 108, 1966 г.
16. J.Hamilton, W.S.Woolcock. Rev.Mod.Phys., 35, 737, 1963.
17. P.Auvil, C.Lovelace. Nuovo Cim., 33, 473, 1964.
18. P.Auvil, A.Donnachie, A.T.Lea, C.Lovelace. XII Международная конференция по физике высоких энергий. Дубна, том I, стр.270. Phys.Letter, 12, 76, 1964.
19. В.Н.Brandsden, P.J.O'Donnell, R.G.Moorhouse. Phys.Rev., 139, B1566, 1965.

20. M.H.Hull, F.C.Lin. Phys.Rev., 139, B630, 1965
21. P.Bareyre, C.Brickman, A.V.Stirling, G.Villet. Phys.Lett., 18, 342, 1965.
22. J.C.Carls, R.W.Kenney, V.Perez-Mendez, W.A.Perkins.
Phys.Rev., 121, 893, 1961.
23. D.L.Lind, B.C.Barish, R.J.Kurz, P.M.Ogden, V.Perez-Mendez.
Phys.Rev., 138, B 1509, 1965.
24. R.E.Hill, N.E.Booth, R.J.Esterling, D.L.Jenkins, N.H.Lipman,
H.R.Rugge, O.T.Vik. Bull.Am.Phys.Soc., 9, 410(A), 1964.
25. G.Hohler, G.Ebel, J.Giesecke. Karlsruhe Preprint (1964)
26. L.D.Roper, R.Wright. UCRL-12198, 1964.
27. J.Hamilton in the book "STRONG INTERACTIONS AND HIGH ENERGY PHYSICS"
edited by R.G.Moorhouse. Edingurg and London, 1964, p.296.
28. A.Donnachie, J.Hamilton, A.T.Lea. Phys.Rev., 135, B515, 1964.

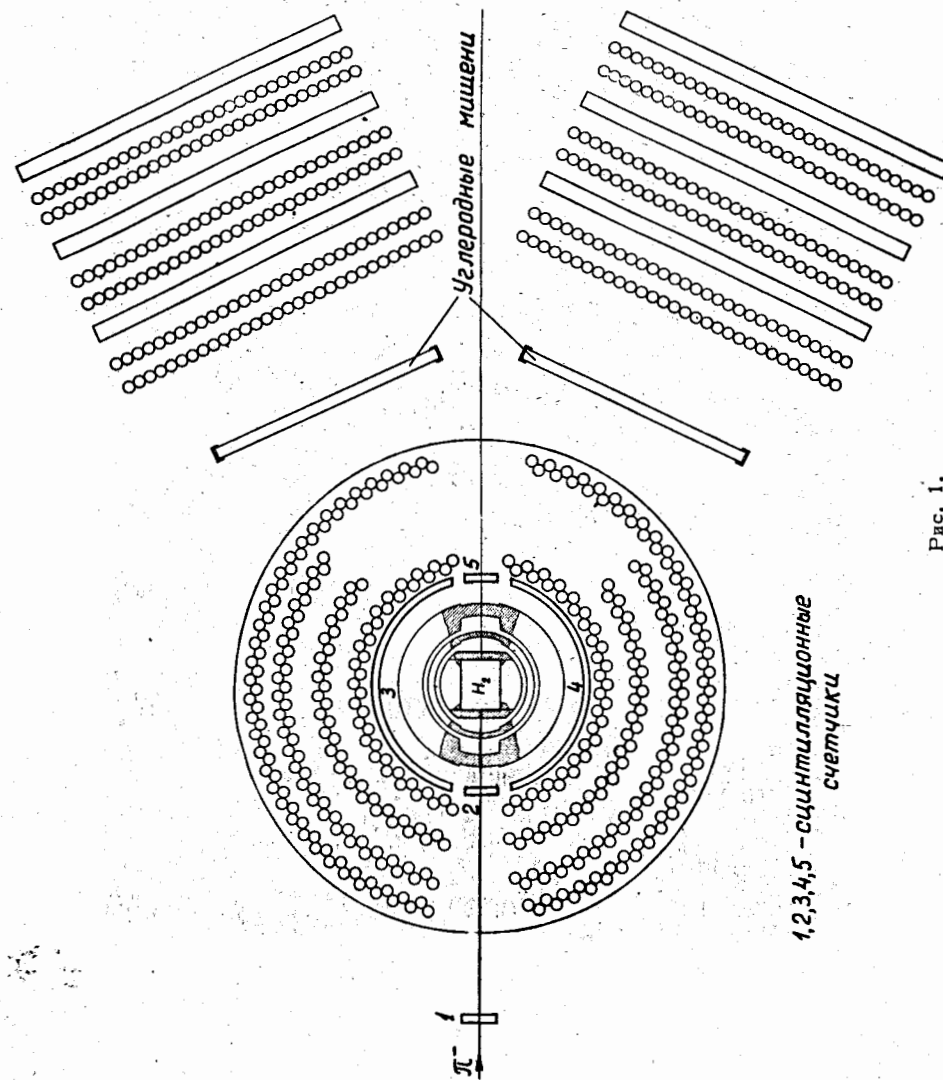




Рис. 2.

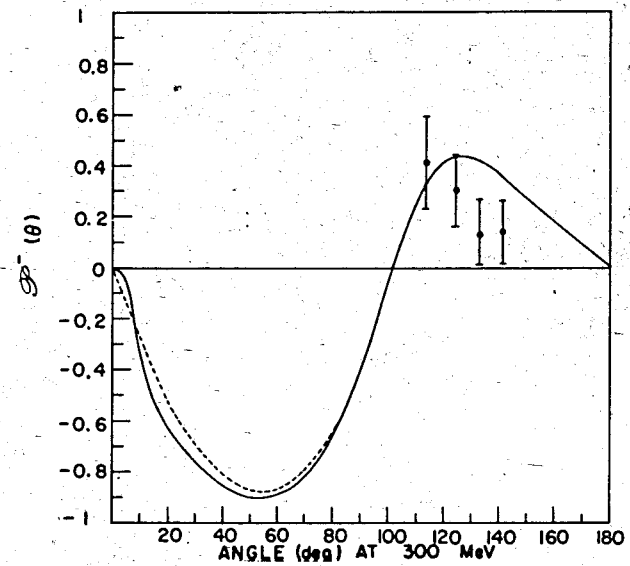


Рис. 3.

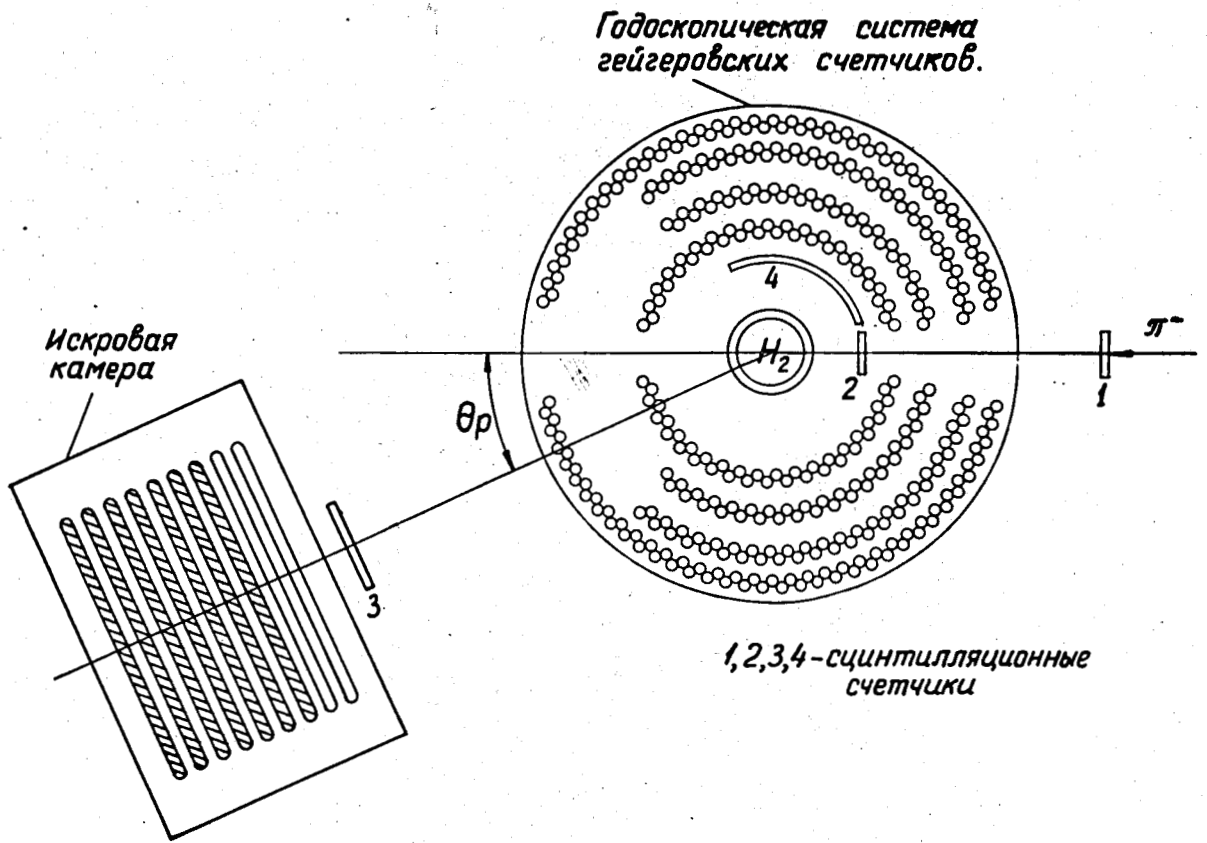


Рис. 4.

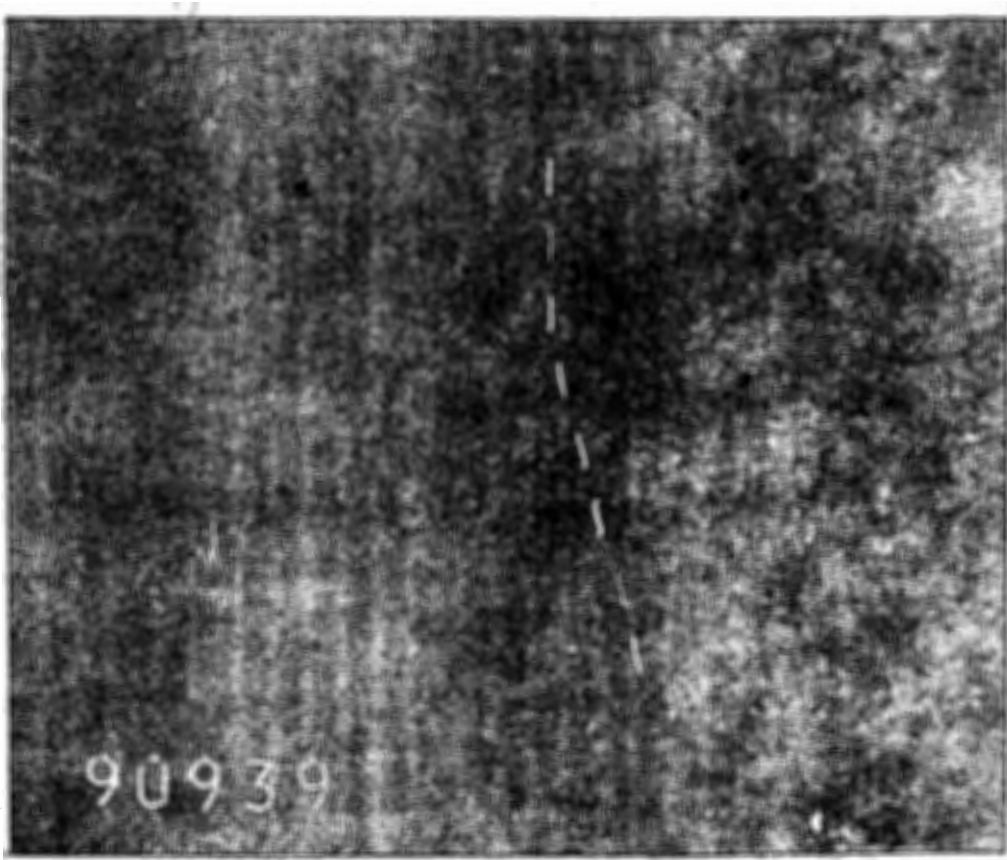


Рис. 5.

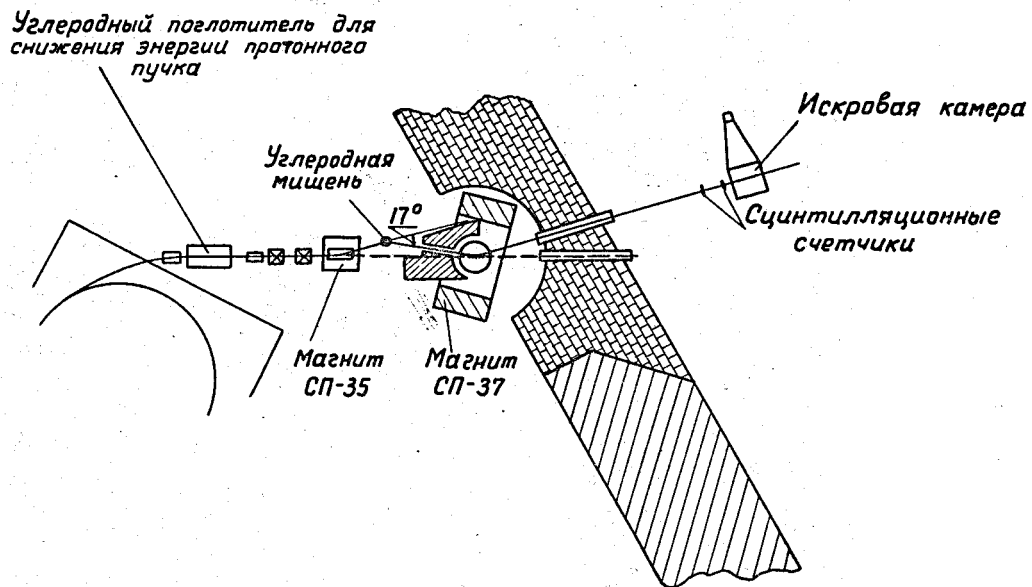


Рис. 6.

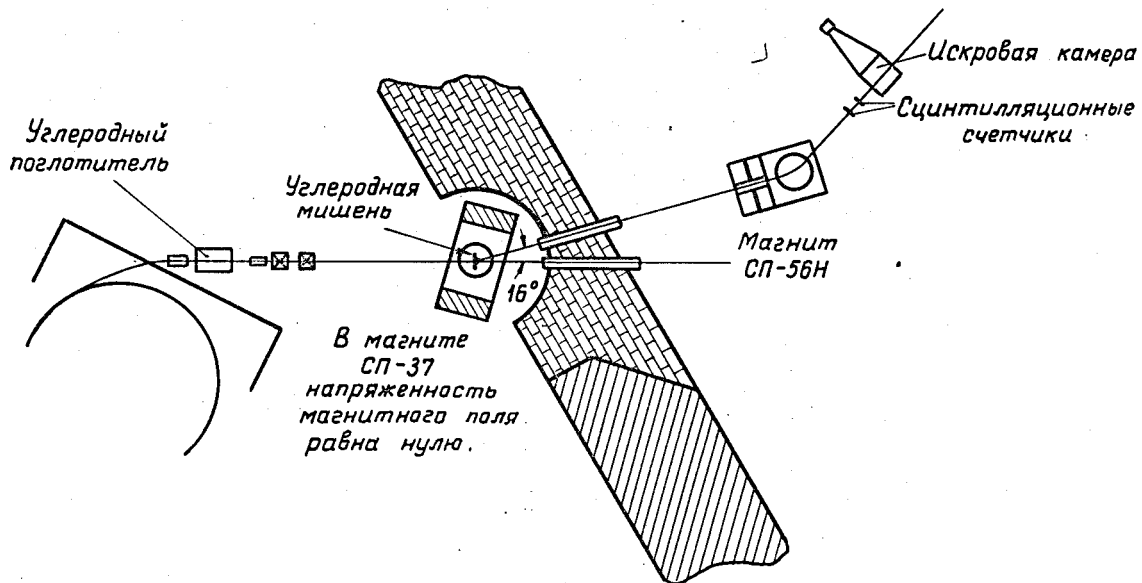


Рис. 7.

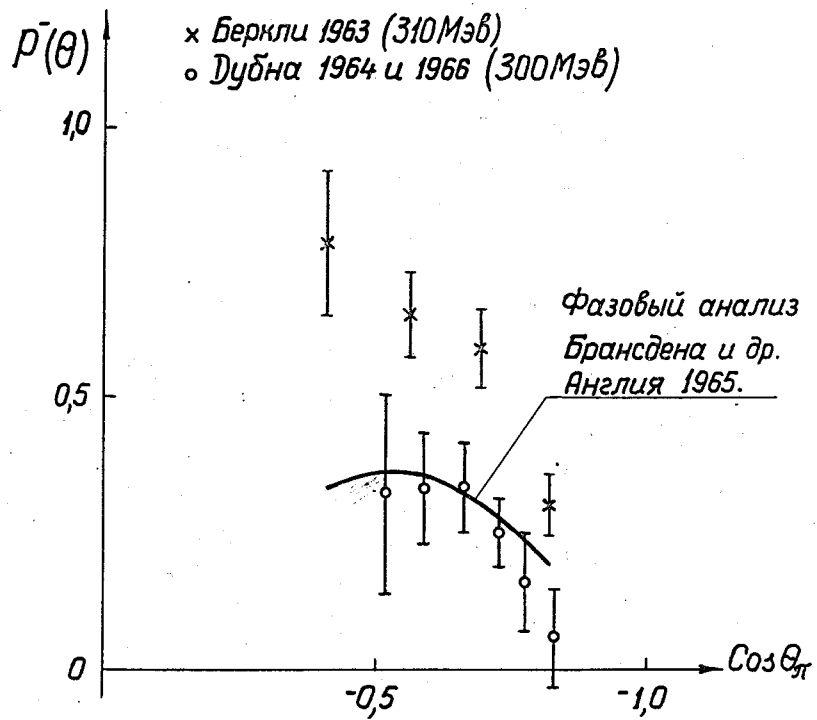


Рис. 8.

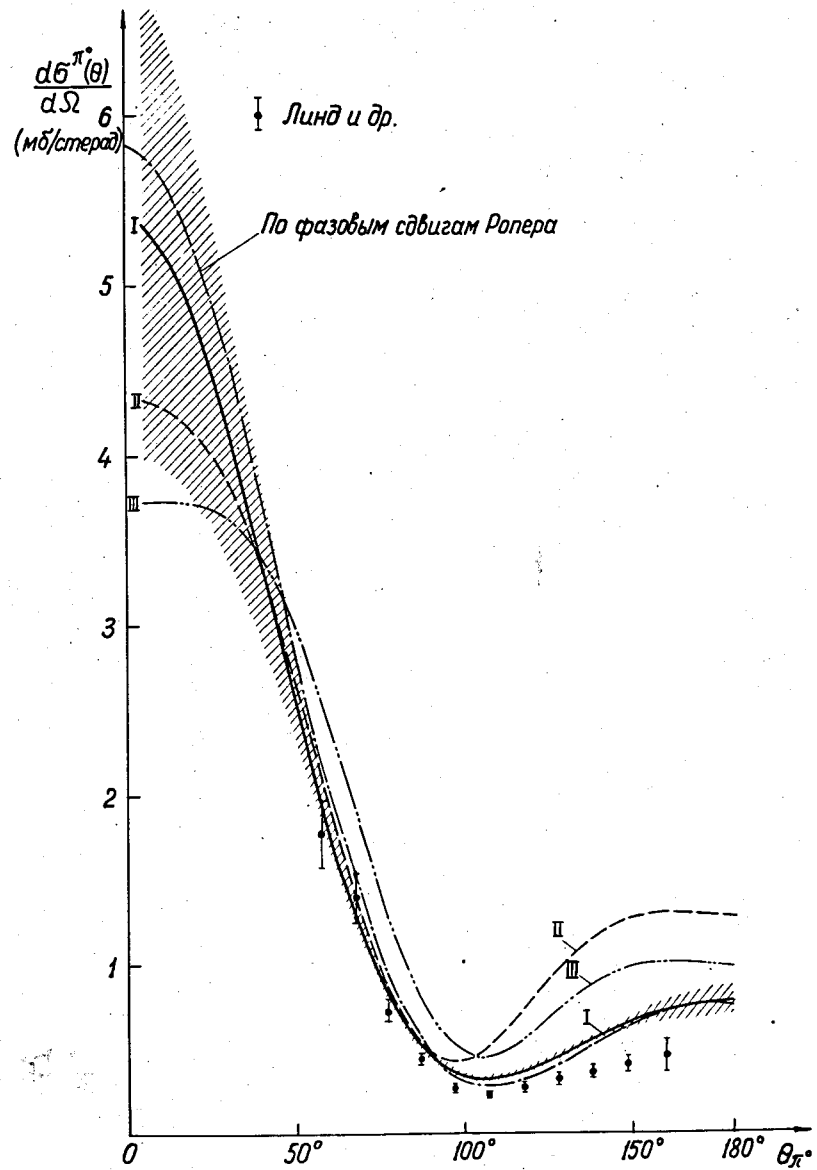


Рис. 9.

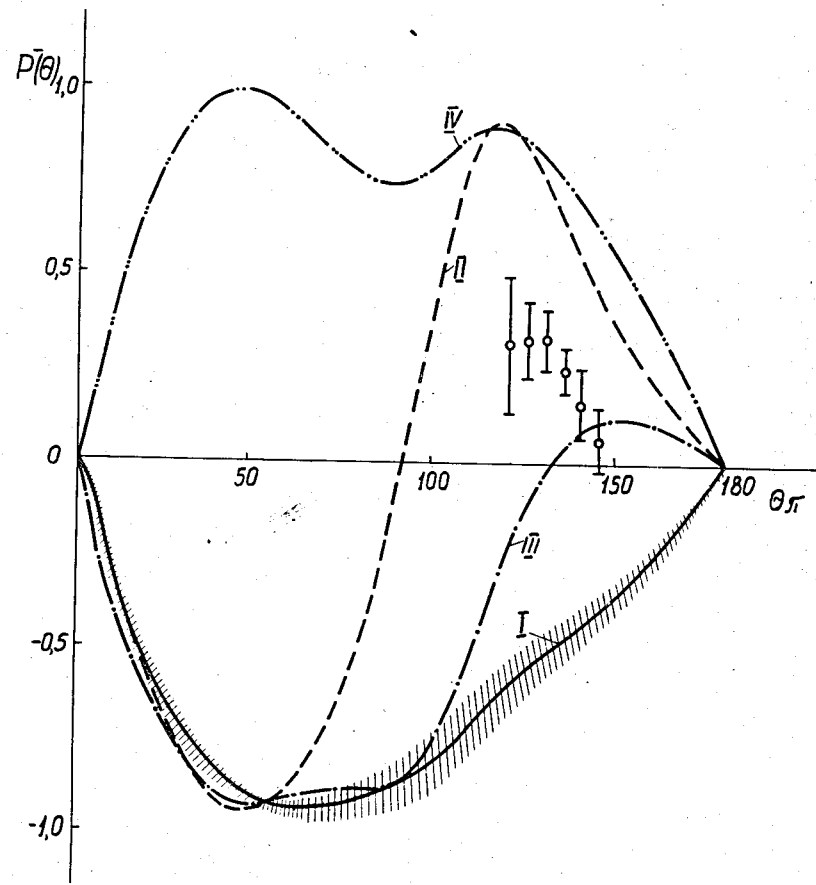


Рис. 10.

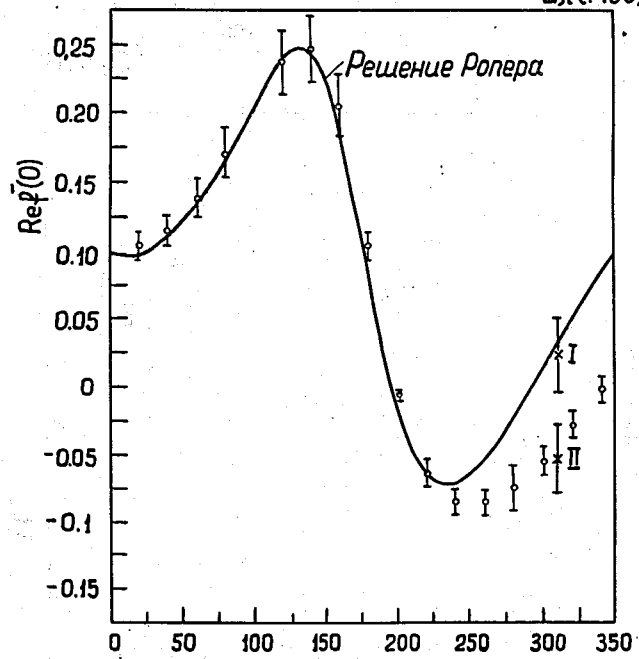
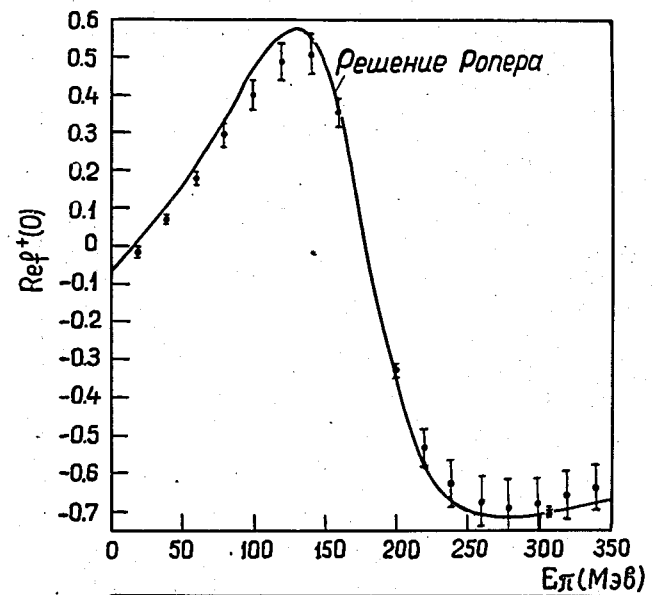


Рис. 11

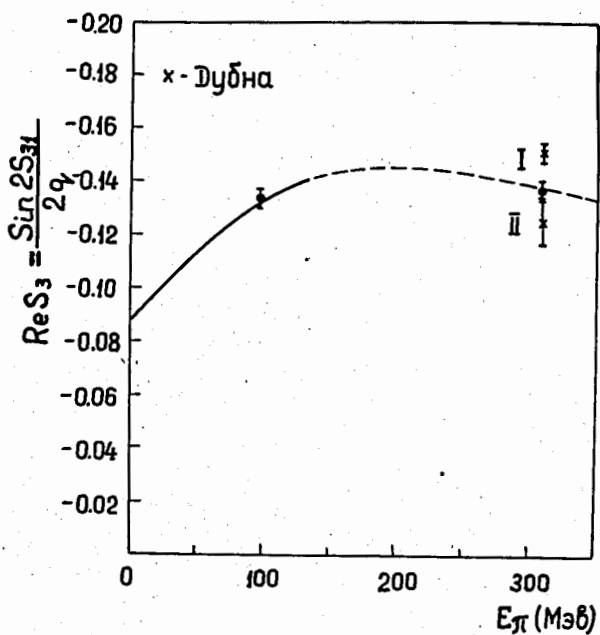
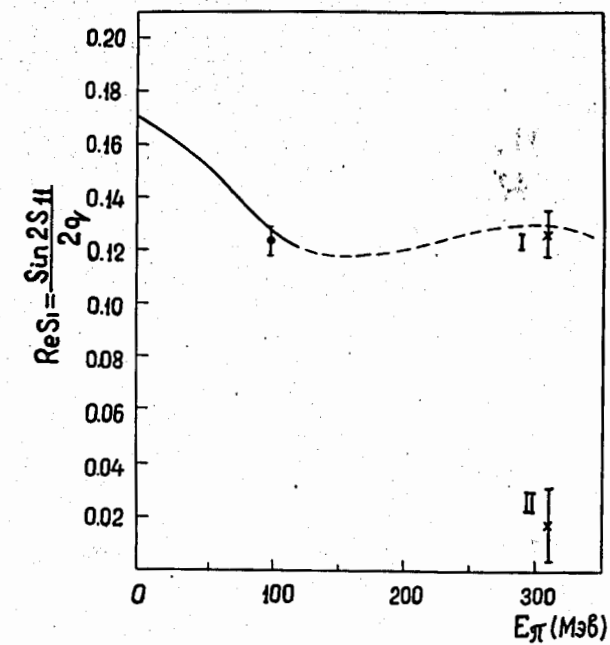


Рис. 12.