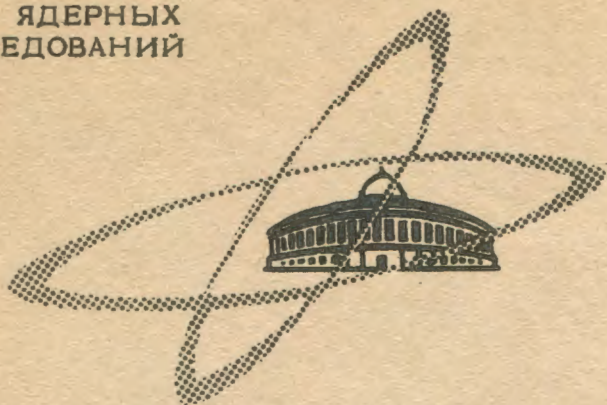


B-192

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P - 2898



И.М. Василевский, В.В. Вишняков, И.М. Иванченко,
Л.И. Лapidус, И.Н. Силян,
А.А. Тяпкин, В.А. Шегельский

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ УПРУГОГО
ПИОН-НУКЛОННОГО РАССЕЯНИЯ
ПРИ 310 МЭВ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

1966

P-2898

И.М. Василевский, В.В. Вишняков, И.М. Иванченко,
Л.И. Ландаус, И.Н. Силин,
А.А. Тяткин, В.А. Шегельский

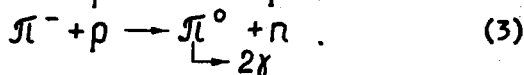
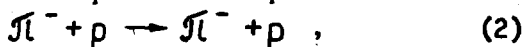
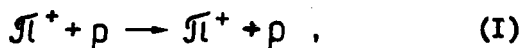
ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ УПРУГОГО
ПИОН-НУКЛОННОГО РАССЕЯНИЯ
ПРИ 810 МЭВ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

4459/3 нр.

I. В работе^{1/} содержатся результаты новых измерений поляризации протонов отдачи в упругом π^- -p - рассеянии при 300 Мэв, выполненных нашей группой. Используя эти результаты, а также всю совокупность данных о π -p - взаимодействии вблизи 310 Мэв (см. таблицу I), мы осуществили фазовый анализ.

Вблизи 300 Мэв основными процессами взаимодействия пионов с нуклонами являются упругие процессы



Неупругие процессы рождения дополнительного пиона не вносят заметного вклада при 300 Мэв.

Программа проведения фазового анализа пион-нуклонного рассеяния описана в работе^{2/}. Поправки на электромагнитное взаимодействие, учитывавшие как заряд-зарядовое взаимодействие, так и взаимодействие, обусловленное магнитным моментом протона, введены в программу в соответствии с результатами работ^{3,4/}.

Таблица I

1. Дифференциальное сечение процесса (1) при $310 \text{ Мэв}^3/$ (23 точки)
2. Дифференциальное сечение процесса (2) при $310 \text{ Мэв}^5/$ (28 точек)
3. Дифференциальное сечение процесса (3) при $307-317 \text{ Мэв}^{6,7,8/}$
4. Поляризация протонов отдачи в процессе (1) при энергии $310 \text{ Мэв}^9/$ (4 точки)
5. Поляризация протонов отдачи в процессе (2) при энергии $300 \text{ Мэв}^1/$ (6 точек)
6. Поляризация нейтронов отдачи в процессе (3) при энергии $310 \text{ Мэв}^{10/}$ (1 точка)
7. Полные сечения взаимодействия π^+ и π^- - мезонов с водородом при $310 \text{ Мэв}^4/$ (2 точки)
8. Сечение неупругого поперечного сечения π^- -p - рассеяния при $310 \text{ Мэв}^4/$ (1 точка)

Был произведен поиск наборов фазовых сдвигов, удовлетворяющих дифференциальным сечениям упругого рассеяния π^+ и π^- - мезонов на водороде и поляризации протонов отдачи в π^+ -p и π^- -p упругом рассеянии. Предполагалось, что в рассеянии принимают участие $SPDF$ - волны. Поиски наборов фазовых сдвигов производились методом случайных исходных точек для фазовых сдвигов с изоспином $1/2$. При этом фазовые сдвиги с изоспином $3/2$ принимались в начале поиска равными значениям фаз, полученных Футом, Чемберленом и др.^{3/} (Набор Ферми-I). Всего было сделано III поисков со случайных начальных точек. В результате было получено 8 решений с $M < 2\bar{M}^x/$, причем каждое из этих решений при поиске было найдено не менее 3 раз. После использования данных по полным сечениям взаимодействия π^+ и π^- с водородом число решений уменьшилось до 5. Одно из этих решений было типа Ферми-II.

Введение в фазовый анализ величины поляризации нейтронов отдачи от процесса (3) почти для всех наборов несколько увеличило M .

^{x/} Через \bar{M} обозначено ожидаемое значение M .

На рис. I представлено ожидаемое угловое распределение π^0 -мезонов от процесса (3) для четырех решений типа Ферми-I. Штрихами показан коридор ошибок. Как на этом, так и на следующих рисунках коридор ошибок будет приводиться только для I набора.

В отношении пятого решения (типа Ферми-II) ниже будет показано, что при введении в фазовый анализ данных о процессе (3) происходит сильное увеличение M .

В настоящее время в области энергий, при которой проводится наш фазовый анализ, относительно углового распределения π^0 -мезонов в обменном рассеянии отрицательных пионов на протонах имеется следующая информация:

1. Угловое распределение γ -квантов от распада π^0 -мезонов при 307 Мэв (данные Зинова и Коренченко^{6/}).

2. Угловое распределение γ -квантов от распада π^0 -мезонов при 317 Мэв (данные Каррса и др.^{7/}).

3. Угловое распределение π^0 при 313 Мэв, измеренное по времени пролета нейтронов (данные Линда и др.^{8/}).

Данные Зинова и Коренченко, полученные в более ранней работе, хорошо согласуются с результатами Каррса, но они менее точны.

Казалось бы, наиболее ценную информацию для фазового анализа содержит результаты по непосредственному измерению угловых распределений π^0 -мезонов от процесса (3), осуществляемого по времени пролета нейтронов. Однако результаты, полученные в работе Линда, плохо согласуются с данными Каррса.

Учитывая это обстоятельство, мы решили провести несколько вариантов фазового анализа, в которых была бы использована вся

имевшаяся информация о процессе обменного рассеяния π^0 -мезона на водороде.

Введение в анализ коэффициентов при полиномах Лежандра, описывающих угловое распределение π^0 -мезонов из обменного π^-p -рассеяния, полученных Карисом и др., привело к четырем наборам фазовых сдвигов с $M < 2\bar{M}$. Полученные при этом фазовые сдвиги приведены в таблице II.

Таблица II

	I	II	III	IV
S_{31}	$-20,7 \pm 0,7$	$-16,6 \pm 1,2$	$-14,7 \pm 1,2$	$-21,6 \pm 0,5$
P_{31}	$-8,8 \pm 1,5$	$-1,5 \pm 1,4$	$0,3 \pm 1,5$	$-10,5 \pm 1,2$
P_{33}	$134,6 \pm 0,8$	$134,4 \pm 0,6$	$134,8 \pm 0,6$	$134,6 \pm 0,8$
D_{33}	$-0,8 \pm 1,1$	$3,9 \pm 0,9$	$4,8 \pm 0,8$	$-2,1 \pm 0,9$
D_{35}	$-1,5 \pm 1,1$	$-5,8 \pm 0,7$	$-6,8 \pm 0,8$	$-0,2 \pm 1,0$
F_{35}	$-0,5 \pm 0,5$	$0,6 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,3$	$-1,2 \pm 0,5$
F_{37}	$1,6 \pm 0,7$	$-1,1 \pm 0,5$	$-1,7 \pm 0,5$	$2,5 \pm 0,6$
S_{11}	$16,5 \pm 1,3$	$2,1 \pm 1,7$	$24,4 \pm 0,9$	$1,7 \pm 0,7$
P_{11}	$20,7 \pm 0,9$	$29,2 \pm 1,0$	$15,6 \pm 0,9$	$1,2 \pm 0,6$
P_{13}	$-3,2 \pm 0,7$	$9,0 \pm 0,8$	$0,4 \pm 0,8$	$1,8 \pm 0,7$
D_{13}	$5,6 \pm 0,6$	$2,2 \pm 0,7$	$-4,0 \pm 0,5$	$-1,0 \pm 0,4$
D_{15}	$1,6 \pm 0,8$	$-0,8 \pm 0,6$	$1,6 \pm 0,6$	$13,7 \pm 0,6$
F_{15}	$1,2 \pm 0,3$	$-3,8 \pm 0,5$	$-0,8 \pm 0,2$	$-0,2 \pm 0,3$
F_{17}	$0,0 \pm 0,3$	$-0,4 \pm 0,4$	$-3,9 \pm 0,3$	$3,6 \pm 0,4$
	58,8	77,7	93,7	98,7

$$\bar{M} = 55$$

Заметим, что аналоги решений, помещенных в таблице II, при поиске возможных наборов фазовых сдвигов появлялись 22,32,3 и II раз соответственно для первого, второго, третьего и четвертого решений.

Следует отметить, что в процессе поиска возможных фазовых сдвигов, удовлетворяющих экспериментальным данным в SPDF - анализе, нами было найдено на одно решение больше, чем в работе Вика-Ругге^{4/}. Это решение обозначено номером III в таблице II. Остальные найденные нами наборы I, II и IV аналогичны наборам II, III и I Вика-Ругге.

Ввиду того, что при энергии 310 Мэв полное сечение неупругого π^-p - взаимодействия составляет $0,9 \pm 0,2 \text{ мб}^4/$, было предпринято исследование влияния неупругости на действительные части фазовых сдвигов в состоянии с изоспином I/2. В процессе минимизации функционала M на параметры неупругости ($\eta = e^{-2\text{Im}\delta}$, где δ - комплексная фаза рассеяния) накладывалось условие $0 \leq \eta \leq 1$. Результаты, полученные в этом исследовании, представлены в таблице III.

Таблица III

	I	II	III	IV
S ₃₁	-20,5±0,8	-16,4±I,2	-13,8±I,4	-21,6±0,5
P ₃₁	-8,2±I,5	-I,3±I,4	I,2±I,5	-10,7±I,2
P ₃₃	134,4±0,8	134,5±0,6	135,1±0,6	134,9±0,9
D ₃₃	-0,4±I,I	4,0±0,9	5,1±0,8	-2,2±0,8
D ₃₅	-I,9±I,I	-5,9±0,7	-7,2±0,8	0,0±I,0
F ₃₅	-0,3±0,5	0,6±0,3	0,6±0,2	-I,3±0,5
F ₃₇	I,3±0,7	-I,2±0,5	-I,9±0,5	2,6±0,6
S ₁₁	16,3±I,5	I,8±I,7	24,1±0,9	0,3±0,8
P ₁₁	20,5±0,9	28,2±I,2	14,6±I,0	0,7±0,6
P ₁₃	-3,5±0,7	9,1±0,8	0,6±0,8	I,9±0,7
D ₁₃	5,0±0,6	2,2±0,7	-4,3±0,5	-I,3±0,4
D ₁₅	I,0±0,7	-0,9±0,6	I,7±0,6	13,7±0,6
F ₁₅	0,8±0,3	-3,8±0,5	-0,8±0,2	0,1±0,3
F ₁₇	0,6±0,4	-0,4±0,4	-3,8±0,3	2,7±0,4
	$\eta(P_{11}) = 0,92$	$\eta(P_{13}) = 0,98$ $\eta(D_{13}) = 0,99$	$\eta(P_{13}) = 0,97$	$\eta(D_{13}) = 0,97$
M	54,0	81,2	95,5	88,0
M	53	7 54	55	55

Относительно фазового анализа в этом варианте сделаем два замечания:

I. Когда на параметры неупругости не накладывались ограничения, что η должно быть меньше или равно единице, то при пяти свободных параметрах η , соответствующих состояниям парциальных волн S_{11} , P_{11} , P_{13} , D_{13} , D_{15} , второе решение перешло в первое. При этом в процессе минимизации функционала M у нескольких парциальных волн η принимало значения больше единицы. При уменьшении числа свободных параметров неупругости опять стали существовать два решения (I и II).

2. Следует отметить медленную сходимость итерационного процесса в окрестности второго решения.

II. С этим же экспериментальным материалом был сделан фазовый анализ с учетом SPD - волн. В качестве исходных фаз использовались фазовые сдвиги, найденные при поиске в $SPDF$ - анализе. Первое и третье решение ($SPDF$) привели к одному и тому же SPD набору. Полученные наборы фазовых сдвигов представлены в таблицах IV и V.

Величины M , полученные в SPD и $SPDF$ анализах (см. таблицы II и IV), указывают на необходимость учета взаимодействия в F - состоянии. В этом случае удастся добиться лучшего согласия с экспериментальными данными, использованными в фазовом анализе.

Следует подчеркнуть, что наш I набор устойчив к изменению числа параметров. Действительно, как видно из приведенных таблиц, только в случае первого набора значения фазовых сдвигов не претерпели больших изменений по сравнению с величинами этих фаз в $SPDF$ - анализе.

Таблица IV

	I	II	III
S_{31}	$-20,7 \pm 0,5$	$-18,3 \pm 0,6$	$-19,4 \pm 0,6$
P_{31}	$-6,5 \pm 0,5$	$-4,4 \pm 0,5$	$-5,5 \pm 0,5$
P_{33}	$131,9 \pm 0,5$	$135,4 \pm 0,6$	$135,5 \pm 0,6$
D_{33}	$1,5 \pm 0,4$	$1,9 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,3$
D_{35}	$-3,5 \pm 0,4$	$-4,0 \pm 0,4$	$-3,1 \pm 0,4$
S_{11}	$13,8 \pm 1,6$	$-6,5 \pm 1,3$	$-7,2 \pm 0,7$
P_{11}	$16,4 \pm 0,7$	$28,9 \pm 1,4$	$-3,5 \pm 0,5$
P_{13}	$-4,5 \pm 0,7$	$8,4 \pm 0,4$	$2,3 \pm 1,1$
D_{13}	$2,9 \pm 0,2$	$5,1 \pm 0,4$	$-5,5 \pm 0,3$
D_{15}	$0,8 \pm 0,3$	$-0,1 \pm 0,3$	$15,4 \pm 0,7$
M	107,6	151,4	192,8

$$\bar{M} = 59$$

Таблица V

	I	II	III
S_{31}	$-19,3 \pm 0,6$	$-18,2 \pm 0,6$	$-19,5 \pm 0,6$
P_{31}	$-5,3 \pm 0,5$	$-4,4 \pm 0,5$	$-5,5 \pm 0,5$
P_{33}	$133,6 \pm 0,6$	$135,4 \pm 0,6$	$135,6 \pm 0,6$
D_{33}	$1,8 \pm 0,4$	$2,0 \pm 0,3$	$1,3 \pm 0,3$
D_{35}	$-3,9 \pm 0,4$	$-4,0 \pm 0,4$	$-3,0 \pm 0,4$
S_{11}	$16,7 \pm 1,7$	$-6,8 \pm 1,3$	$-6,9 \pm 0,7$
P_{11}	$18,1 \pm 0,7$	$28,0 \pm 1,4$	$-2,3 \pm 0,5$
P_{13}	$-4,1 \pm 0,8$	$8,6 \pm 0,4$	$2,0 \pm 1,1$
D_{13}	$2,6 \pm 0,2$	$5,2 \pm 0,4$	$-5,1 \pm 0,3$
D_{15}	$0,6 \pm 0,4$	$-0,1 \pm 0,3$	$14,9 \pm 0,7$
	$\eta(P_{11})=0,92$	$\eta(P_{13})=0,98$	$\eta(S_{11})=0,92$
M	79,2	162,3	163,1

$$\bar{M} = 59$$

При имеющемся числе степеней свободы $\bar{M} = 55$ вероятность появления наборов III и IV (значение M для этих наборов равно 93,7 и 98,7) по χ^2 -распределению много меньше 1%, и они могут быть отброшены. Для второго набора фазовых сдвигов, согласно χ^2 -распределению вероятность получить значение 77,7 при $\bar{M} = 55$ составляет около 2,5%. Однако, как было показано в работах II, I2/, в случае фазового анализа χ^2 -критерий приводит к значительному завышению достоверности решений.

Таким образом, вероятность ошибки первого рода, связанной с отбрасыванием второго набора фаз, значительно меньше вероятности ошибки, определенной на основе χ^2 -распределения.

В варианте анализа, когда допускается неупругость в парциальных волнах, соответствующих состоянию с изоспином I/2, разница в M между I и II решением увеличилась ($\Delta M = 27$) и соответственно вероятность того, что второе, а не первое решение является правильным, еще уменьшилась.

Интересно заметить, что учет одного неупругого параметра в SPD - анализе уменьшил M на 28 единиц.

III. Нами был проведен анализ решения типа Ферми-II, полученного Футом и др.^{3/}. Оказалось, что при использовании всего экспериментального материала по π - p - рассеянию при 310 Мэв M для этого решения возросло до 277 (см. таблицу VI). Эти результаты находятся в хорошем согласии с данными Вика и Ругге. Вик и Ругге нашли, что в случае, когда в начале поиска фазовые сдвиги, соответствующие изоспину 3/2, были равны фазовым сдвигам набора Ферми-II, то при поиске возможных наборов фазовых сдвигов не было найдено ни одного решения, которое удовлетворяло бы всем данным по π - p - рассеянию.

Таблица VI

Экспериментальный материал	$\frac{d\sigma^+(\theta)}{d\Omega}$, σ_t^+	$\frac{d\sigma^-(\theta)}{d\Omega}$, σ_t^-	ρ^+ Добавили ρ^-	Добавили $\frac{d\sigma^+}{d\Omega}$	Добавили ρ^0
\overline{M}	39,4	43,6		227	277,3
\underline{M}	43	49		54	55

IV. В одном из вариантов фазового анализа в качестве данных об обменном рассеянии отрицательных пионов использовались результаты Линда^{8/}. В таблице VII приведены полученные значения фазовых сдвигов.

В упомянутой работе Линда в данные Кариса по распределению γ -квантов от распада π^0 -мезонов были внесены поправки, так как в этих данных содержался вклад γ -квантов от распада π^0 -мезонов, образующихся как в процессе обменного рассеяния, так и в процессах неупругого рассеяния ($\pi^0\pi^0n$ и $\pi^-\pi^0p$).

Далее авторы объединили данные по угловому распределению π^0 -мезонов, полученные измерением времени пролета нейтронов, с "исправленными" данными Кариса и представили их в виде коэффициентов при полиномах Лежандра. В нашем фазовом анализе мы воспользовались этими результатами Линда. В таблице VIII приведены полученные значения фазовых сдвигов. В этом варианте фазового анализа набор III перешел в I набор.

По поводу результатов фазовых анализов, полученных при использовании данных Линда, по распределению π^0 -мезонов (таблица VII) и комбинированных данных Линда-Кариса (таблица VIII) следует сделать несколько замечаний:

I. Величины фазовых сдвигов, полученные при введении в анализ нового материала по перезарядке пнонов на водороде, почти не отличаются от фазовых сдвигов, найденных при использовании данных по перезарядке, полученных Карисом^{7/}.

В случае учета неупругих параметров изменения значений реальных частей фазовых сдвигов, как правило, находятся в пределах ошибок определения фаз.

Таблица VII

I	II	III	IV	I	
S ₃₁ -2I, I±0,5	-18,9±I,0	-16,6±0,9	-2I,8±0,6	-2I,0±0,5	
P ₃₁ -10,6±I,0	-4,2±I,5	-2,2±I,3	-9,9±I,2	-10,2±I,0	
P ₃₃ I36,4±0,7	I34,8±0,6	I35,2±0,6	I35,6±0,8	I36,2±0,7	
D ₃₃ -2,3±0,7	2,2±I,I	3,4±0,8	-2,2±0,9	-2,0±0,7	
D ₃₅ 0,2±0,8	-4,0±0,9	-5,2±0,7	0,0±I,0	-0,2±0,8	
F ₃₅ -I,2±0,4	0,2±0,4	0,7±0,3	-I,4±0,5	-I,I±0,4	
F ₃₇ 2,5±0,5	-0,3±0,6	-0,9±0,5	2,3±0,6	2,3±0,5	
S ₁₁ I7,3±I,I	5,4±I,5	24,4±0,9	2,8±0,6	I6,2±I,2	
P ₁₁ 22,2±0,7	3I,7±I,0	I6,5±0,9	I,0±0,7	2I,5±0,8	
P ₁₃ -3,I±0,6	8,6±I,0	-0,I±0,8	2,6±0,6	-3,2±0,7	
D ₁₃ 6,9±0,5	I,0±0,6	-4,0±0,5	-0,9±0,5	6,5±0,5	
D ₁₅ I,3±0,6	-I,8±0,8	0,4±0,6	I4,2±0,6	I,2±0,6	
F ₁₅ I,7±0,3	-4,3±0,5	-0,9±0,2	-I,8±0,3	I,6±0,3	
F ₁₇ -0,I±0,3	-I,5±0,5	-4,6±0,3	3,9±0,4	I,5±0,3	
η			η (P ₁₃) = 0,97		
M	68,5	200,4	II8,3	I64,6	64,4

$$\bar{M} = 6I$$

2. Введение в анализ неупругих параметров парциальных волн, соответствующих состоянию с изоспином $I/2$, привело к тому, что коэффициент неупругости η отклонился от единицы в состоянии P_{13} , $\eta (P_{13}) = 0,97$, а не в состоянии P_{11} . В то время, как в предыдущих наших анализах с использованием данных по перезарядке, полученных Зиновым и Коренченю^{I3/}, и данных Кариса для нашего I набора в хорошем согласии со всеми имеющимися в литературе фазовыми анализами^{I4-I7/} неупругость проявлялась в состоянии P_{11} , $\eta (P_{11}) = 0,92$.

Таблица VIII

	I	II	IV	I
S_{31}	$-21,0 \pm 0,5$	$-13,4 \pm 1,3$	$-17,0 \pm 0,9$	$-20,9 \pm 0,5$
P_{31}	$-9,9 \pm 1,0$	$2,9 \pm 1,1$	$-2,0 \pm 1,1$	$-9,7 \pm 1,0$
P_{33}	$135,6 \pm 0,7$	$134,7 \pm 0,6$	$134,7 \pm 0,6$	$135,5 \pm 0,7$
D_{33}	$-1,7 \pm 0,7$	$5,7 \pm 0,6$	$3,6 \pm 0,6$	$-1,5 \pm 0,7$
D_{35}	$-0,5 \pm 0,8$	$-8,0 \pm 0,6$	$-5,4 \pm 0,6$	$-0,7 \pm 0,8$
F_{35}	$-0,9 \pm 0,4$	$0,3 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,3$	$-0,9 \pm 0,4$
F_{37}	$2,1 \pm 0,5$	$-2,4 \pm 0,3$	$0,9 \pm 0,4$	$2,0 \pm 0,5$
S_{11}	$17,0 \pm 1,1$	$6,7 \pm 0,9$	$-0,12 \pm 0,6$	$15,8 \pm 1,2$
P_{11}	$21,8 \pm 0,7$	$26,4 \pm 1,1$	$-3,5 \pm 0,6$	$21,0 \pm 0,8$
P_{13}	$-3,0 \pm 0,5$	$12,6 \pm 0,8$	$1,1 \pm 0,6$	$13,1 \pm 0,6$
D_{13}	$6,5 \pm 0,5$	$0,2 \pm 0,8$	$-3,6 \pm 0,3$	$6,2 \pm 0,5$
D_{15}	$1,6 \pm 0,5$	$1,3 \pm 0,3$	$15,7 \pm 0,6$	$1,4 \pm 0,5$
F_{15}	$1,6 \pm 0,3$	$-4,7 \pm 0,4$	$-1,0 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,3$
F_{17}	$0,0 \pm 0,2$	$0,4 \pm 0,2$	$5,1 \pm 0,4$	$0,1 \pm 0,2$
η	$\eta (P_{13}) = 0,97$			
M	58,0	195,1	136,8	55,1

M = 55

3. Использование в фазовом анализе прямых экспериментальных данных об угловом распределении π^0 -мезонов от процесса (3), полученных в работе Линда измерением времени пролета нейтронов, привело к тому, что в процессе минимизации нормировочный параметр ε^0 значительно отклонился от нуля. Для первого набора он принял значение, равное $0,24 \pm 0,03$. В случае использования данных Кариса о перезарядке ε^0 не превышал $0,07$. Другие нормировочные параметры, связанные с угловым распределением $\pi^+(\varepsilon^+)$ и $\pi^-(\varepsilon^-)$, приняли значения в первом случае $\varepsilon^+ = 0,04$ и $\varepsilon^- = 0,01$, а во втором — ε^+ и $\varepsilon^- < 0,01$.

В случае использования в фазовом анализе комбинированных данных Линда-Кариса $\varepsilon^0 = 0,14$, $\varepsilon^+ = 0,03$ и $\varepsilon^- = 0,01$.

В одном из вариантов фазового анализа при использовании данных Линда о процессе (3) в анализ не вводились данные по угловому распределению упруго рассеянных π^- -мезонов на протонах и полное сечение π^-p -взаимодействия. Используя полученные фазовые сдвиги, мы вычислили ожидаемое угловое распределение пионов, упруго рассеянных в процессе (2). Оказалось, что оно отличается от измеренного Виком и Ругге^{5/}, причем наибольшее разногласие наблюдается при углах рассеяния вблизи 90° (с.ц.и.), где данные Вика-Ругге имеют большую статистическую точность. В полученном наборе фазовых сдвигов величина фазы ρ_{13} резко возросла и приняла значение, равное $-15,7^\circ$. (До этого она была равна $-3,5^\circ$).

Необходимо отметить, что неупругость в состоянии ρ_{11} проявляется в I наборе фазовых сдвигов даже без данных об обменном рассеянии, как в SPD-, так и SPDF-анализах.

По-видимому, появление большого отклонения нормировочного параметра ξ° от нуля связано с наличием некоторой несовместимости экспериментальных данных по угловому распределению π° -мезонов в обменном рассеянии с угловым распределением упругого π^- - p -рассеяния.

Здесь следует напомнить, что в работе^{18/} Ропер приводит высказывание Курца и Линда из их внутреннего отчета^{19/}, в котором они отмечают, что полученное ими угловое распределение π° -мезонов в обменном рассеянии едва ли совместимо с имеющимися данными по π^- - p -рассеянию.

В другой работе^{8/} Линд и др. неоднократно подчеркивают, что полученные ими данные о дифференциальном сечении π° -мезонов несколько отличаются от распределения π^- -мезонов, восстановленного по распределению γ -квантов от распада π° -мезонов, измеренных Карисом.

Таким образом, ситуация, связанная с появлением большого отклонения нормировочного параметра углового распределения обменного рассеяния (ξ°) от нуля и подавлением неупругости в парциальной волне P_{11} , при использовании данных об обменном рассеянии, приведенных в работе Линда, по-видимому, заставляет отдать предпочтение данным Кариса, тем более, что Линд отмечает некоторую несовместимость своих результатов с другими имеющимися экспериментальными данными.

На рис.2 приведены расчетные кривые углового распределения π° -мезонов от процесса (3), в системе центра инерции, для четырех наборов фазовых сдвигов (см.таблицу II). Эти наборы получены в варианте фазового анализа, когда использовались данные Кариса о процессе (3). На этом же рисунке нанесено ожидаемое

угловое распределение π^0 -мезонов, вычисленное по фазовым сдвигам Ропера^{14/}. Точками представлены экспериментальные результаты, полученные Линдом и др.^{8/}.

Как видно из рис.2, заметное различие в ходе кривых, соответствующих I и II наборам, наблюдается при углах больше 100° .

Хотя кривая, соответствующая I набору, проходит значительно ближе к экспериментальным значениям Линда, чем аналогичная кривая II набора, тем не менее полученные экспериментальные значения находятся систематически ниже расчетной кривой.

Угловые распределения π^0 -мезонов, рассчитанные по фазовым сдвигам Ропера и нашего первого набора, совпали.

Осуществленные варианты фазового анализа с использованием имеющихся в литературе данных об обменном рассеянии π^- -мезонов на протонах, измеренных Зиновым и Коренченко^{6/}, Карисом^{7/}, Линдом^{8/}, и комбинированные данные Кариса-Линда^{8/} приводят к заключению, что в настоящее время в фазовом анализе целесообразно использовать данные Кариса, так как они наиболее надежны^{х/}. Поэтому мы приводим матрицы ошибок фазовых сдвигов только для варианта фазового анализа с использованием данных Кариса для первого (таблица IX) и второго (таблица X) наборов^{xx/}.

Тот факт, что при использовании данных об угловом распределении π^0 -мезонов из работы Линда только первое решение оказывается жизнеспособным. служит дополнительным указанием, что именно оно является правильным решением.

^{х/} Мы согласны с замечанием Ропера^{18/} о необходимости проведения нового измерения углового распределения π^0 -мезонов в обменном рассеянии при 310 Мэв.

^{xx/} Отметим, что в одном из последних фазовых анализов^{16/}, проведенном в интервале 300-1000 Мэв при энергиях 310 Мэв и 370 Мэв, авторы совсем не использовали данных по обменному рассеянию.

Таблица IX

	S_{31}	P_{31}	P_{33}	D_{33}	D_{35}	F_{35}	F_{37}	S_{11}	P_{11}	P_{13}	D_{13}	D_{15}	F_{15}	F_{17}
S_{31}	0,5	0,8	-0,1	0,5	-0,6	0,2	-0,3	0,2	-0,1	0,2	-0,2	0,3	-0,1	0,1
P_{31}		2,1	-0,7	1,5	-1,5	0,6	-0,9	0,2	-0,6	0,3	-0,6	0,8	-0,3	0,3
P_{33}			0,7	-0,5	0,6	-0,2	0,3	0,3	0,4	0	0,3	-0,3	0,1	-0,1
D_{33}				1,2	-1,1	0,5	-0,7	0,2	-0,5	0,2	-0,5	0,6	-0,2	0,2
D_{35}					1,2	-0,5	0,7	-0,1	0,5	-0,2	0,5	-0,6	0,2	-0,2
F_{35}						0,3	-0,3	0,1	-0,2	0,1	-0,2	0,3	-0,1	0,1
F_{37}							0,5	-0,1	0,3	-0,1	0,3	-0,4	0,1	-0,2
S_{11}								1,6	0,4	0,4	0,1	0,2	0	0
P_{11}									0,7	0,1	0,4	0	0,1	-0,1
P_{13}										0,4	0	0,4	0	0,1
D_{13}											0,4	-0,1	0,1	0
D_{15}												0,6	-0,1	0,2
F_{15}													0,1	0
F_{17}														0,1

Таблица X

	S_{31}	P_{31}	P_{33}	D_{33}	D_{35}	F_{35}	F_{37}	S_{11}	P_{11}	P_{13}	D_{13}	D_{15}	F_{15}	F_{17}
S_{31}	1,4	1,5	0,3	0,9	-0,8	0,1	-0,4	0,6	-0,1	0,6	-0,4	0,5	-0,1	0,3
P_{31}		2,1	0,2	1,2	-1,0	0,2	-0,6	0,8	-0,4	0,8	-0,5	0,6	-0,1	0,4
P_{33}			0,4	0,1	0	0	0	0,3	0,3	0,2	-0,1	0,1	0	0
D_{33}				0,8	-0,6	0,1	-0,4	0,4	-0,3	0,4	-0,3	0,4	-0,1	0,2
D_{35}					0,5	-0,1	0,3	-0,3	0,2	-0,3	0,2	-0,3	0,1	-0,2
F_{35}						0,1	-0,1	0	0	0,1	0	0	0	0
F_{37}							0,2	-0,2	0,1	-0,2	0,2	-0,2	0,1	-0,1
S_{11}								2,8	0,3	1,0	-0,8	0,5	-0,7	-0,1
P_{11}									1,0	-0,1	0	-0,1	0	-0,1
P_{13}										0,6	0,2	0,4	-0,2	0,1
D_{13}											0,5	-0,1	0,2	0
D_{15}												0,3	-0,1	0,1
F_{15}													0,3	0,1
F_{17}														0,1

V. По фазовым сдвигам, представленным в таблице II, были вычислены ожидаемые угловые распределения поляризации нейтронов отдачи от процесса (3) (они приведены на рис.3) и поляризации протонов отдачи, возникающей при упругом рассеянии отрицательных пионов на водороде (см. рис.4). На этих же рисунках нанесены экспериментальные данные, использованные в нашем фазовом анализе.

В результате фазового анализа при использовании данных Кариса о процессе (3) из полученных четырех наборов фазовых сдвигов в рассмотрение брались I и II наборы. Статистически первый набор является наиболее вероятным.

Как нам представляется, с полным основанием можно отбросить набор II как решение, плохо удовлетворяющее данным по обменному рассеянию (за счет этих данных вклад в M составляет 23 единицы), кроме того, только фазовые сдвиги I набора находятся в хорошем согласии с результатами фазовых анализов, выполненных при соседних энергиях^{I6, I7/}.

Однако для полноты сделаем рекомендации о том, с помощью каких экспериментов можно совершить окончательный выбор между I и II наборами.

Из рассмотрения кривых, приведенных на рис.2,3 и 4, видно, что наибольшее различие существует между этими наборами в угловом распределении π^0 -мезонов от процесса (3) при углах, больших 100° . В случае поляризации нейтронов и протонов отдачи от процессов (3) и (2) это различие наблюдается в диапазоне углов ($90^\circ + 140^\circ$).

По-видимому, наиболее целесообразно провести новое измерение углового распределения π^0 -мезонов от процесса обменного рассеяния.

При измерении поляризации протонов отдачи в указанном выше диапазоне углов следует использовать поляризованную протонную мишень с тем, чтобы повысить точность измерений и продвинуться в район 90° .

VI. С целью выяснения того, какую информацию несут наши данные по измерению поляризации отдачи в фазовый анализ при 310 Мэв, в одном из вариантов анализа в качестве исходных данных была включена вся информация о π -p - рассеянии, имеющаяся в нашем распоряжении, кроме значений поляризации протонов отдачи, измеренных при 300 Мэв. В таблице XI представлены полученные значения фазовых сдвигов.

Таблица XI

	I	II	III	IV
S_{31}	$-20,5 \pm 0,7$	$-15,7 \pm 1,3$	$-15,0 \pm 1,4$	$-21,6 \pm 0,5$
P_{31}	$-8,5 \pm 1,4$	$-0,4 \pm 1,5$	$-0,2 \pm 1,6$	$-11,3 \pm 1,1$
P_{33}	$134,7 \pm 0,8$	$134,4 \pm 0,7$	$135,1 \pm 0,6$	$135,9 \pm 0,9$
D_{33}	$-0,6 \pm 1,1$	$4,4 \pm 0,9$	$4,4 \pm 1,0$	$-2,8 \pm 0,8$
D_{35}	$-1,7 \pm 1,1$	$-6,3 \pm 0,8$	$-6,4 \pm 0,8$	$0,7 \pm 1,0$
F_{35}	$-0,5 \pm 0,5$	$0,7 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,3$	$-1,5 \pm 0,5$
F_{37}	$1,5 \pm 0,7$	$-1,4 \pm 0,5$	$-1,5 \pm 0,5$	$2,8 \pm 0,6$
S_{11}	$25,8 \pm 2,0$	$6,8 \pm 2,5$	$27,4 \pm 2,1$	$-4,1 \pm 1,1$
P_{11}	$10,6 \pm 1,9$	$29,8 \pm 1,0$	$13,2 \pm 2,1$	$-1,8 \pm 1,0$
P_{13}	$-2,0 \pm 1,1$	$7,8 \pm 1,1$	$1,3 \pm 1,1$	$10,8 \pm 1,6$
D_{13}	$6,1 \pm 0,6$	$-1,8 \pm 1,8$	$-4,3 \pm 0,6$	$-4,0 \pm 0,6$
D_{15}	$-1,8 \pm 1,0$	$-1,0 \pm 0,6$	$1,7 \pm 0,8$	$13,8 \pm 0,9$
F_{15}	$-0,4 \pm 0,5$	$-2,6 \pm 0,9$	$-0,5 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,2$
F_{17}	$0,5 \pm 0,3$	$-0,6 \pm 0,4$	$-3,9 \pm 0,4$	$-3,3 \pm 0,8$
M	42,7	67,1	73,6	63,5

$$\bar{M} = 49$$

Хотя у IV набора M стало меньше, чем у II набора, по-прежнему наиболее вероятным набором остается первый. Как видно из таблиц II и XI, все фазовые сдвиги I набора за исключением двух (S_{II} и P_{II}) изменились незначительно (остались почти в пределах ошибок в значениях фазовых сдвигов). Величина фазового сдвига S_{II} возросла с $(16,5 \pm 1,3)$ до $(25,8 \pm 2,0)$, а значение фазового сдвига P_{II} уменьшилось с $(20,7 \pm 0,9)$ до $(10,6 \pm 1,9)$.

Такое сильное изменение фазовых сдвигов (S_{II} и P_{II}) должно было привести к большим изменениям в угловой зависимости поляризации. В действительности такое изменение в угловой зависимости $P^-(\theta)$ и наблюдается (сравните ход кривых для набора I на рис.4 и на рис.5).

На рис.5 приведены вычисленные по фазовым сдвигам таблицы XI ожидаемые угловые зависимости поляризации протонов отдачи от процесса (2).

Значения фазовых сдвигов S_{II} и P_{II} I набора, представленные в таблице XI, расходятся с результатами, полученными в других фазовых анализах^{15,16/}.

VII. В ряде работ^{20-22/} с помощью дисперсионных соотношений для пион-нуклонного рассеяния получены значения действительных частей амплитуд рассеяния вперед. Мы воспользовались результатами, приведенными в одной из последних работ^{21/}. При 310 Мэв ожидаемая величина действительной части амплитуды рассеяния вперед для π^+ и π^- мезонов на протонах соответственно равна

$$D_+ = -(0,66 \pm 0,06) \frac{\hbar}{m_{\pi} c} \quad \text{и} \quad D_- = -(0,04 \pm 0,01) \frac{\hbar}{m_{\pi} c} .$$

В таблице XII приведены значения D_+ и D_- , вычисленные через фазовые сдвиги, полученные при SPD - (таблица IV), и SPDF - (таблица П) анализах.

Таблица XII

Наборы	$D_+ \frac{h}{m\pi c}$	$D_- \frac{h}{m\pi c}$
SPD I	- 0,72±0,01	-0,09±0,02
SPD II	- 0,70±0,01	0,00±0,02
SPD IV	- 0,70±0,01	-0,09±0,02
SPDF I	- 0,69±0,01	0,02±0,03
SPDF II	- 0,69±0,01	-0,05±0,02
SPDF III	- 0,69±0,01	-0,15±0,02
SPDF IV	- 0,69±0,01	0,08±0,02
Предсказание Хёллера и др. ^{21/}	- 0,66±0,06	-0,04±0,01

Для набора SPDF I полученное значение действительной части амплитуды рассеяния D_- на два стандартных отклонения отличается от предсказанного.

На рис.6, взятом из работы^{18/}, представлены в виде незатрихованных кружков значения действительных частей амплитуды рассеяния под 0^0 , полученных с помощью дисперсионных соотношений. Сплошная кривая на этом рисунке изображает энергетический ход D_+ и D_- , вычисленных по фазовым сдвигам Ропера.

На этот рисунок мы нанесли значения D_+ и D_- , полученные нами для I и II наборов в случае SPDF - анализа.

Как видно из рис.6, значения действительной части амплитуды рассеяния вперед, соответствующие решению Ропера при 310 Мэв и нашему I набору, 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. В процессе выполнения фазового анализа также вводились минимые добавки к фазовым сдвигам. В таблицах XIII и XIV представлены полученные фазовые сдвиги. В этом варианте фазового анализа использовались данные Кариса о процессе (3).

Таблица XIII

I		II	III
S_{31}	$-2I, 0 \pm 0,6$	$-16, 2 \pm I, 0$	$-2I, 7 \pm 0,6$
P_{31}	$-9, 3 \pm I, 3$	$-I, 0 \pm I, 2$	$-9, 6 \pm I, I$
P_{33}	$I34, 4 \pm 0,8$	$I34, 6 \pm 0,6$	$I33, 2 \pm 0,7$
D_{33}	$-I, I \pm I, 0$	$4, 2 \pm 0,8$	$-I, 3 \pm 0,8$
D_{35}	$-I, 2 \pm I, 0$	$-6, 0 \pm 0,6$	$-I, 3 \pm 0,9$
F_{35}	$-0, 6 \pm 0,5$	$0, 7 \pm 0,3$	$-0, 9 \pm 0,4$
F_{37}	$I, 8 \pm 0,6$	$-I, 3 \pm 0,4$	$2, 0 \pm 0,6$
S_{11}	$I4, 9 \pm I, 3$	$2, 3 \pm I, 7$	$-0, 9 \pm 0,5$
P_{11}	$I9, 7 \pm 0,7$	$29, 2 \pm I, 0$	$0, 7 \pm 0,6$
P_{13}	$-4, 4 \pm 0,5$	$9, 3 \pm 0,6$	$-0, 9 \pm 0,5$
D_{13}	$5, 2 \pm 0,6$	$2, 2 \pm 0,7$	$-I, 7 \pm 0,4$
D_{15}	$0, 5 \pm 0,5$	$-0, 6 \pm 0,3$	$II, 5 \pm 0,6$
F_{15}	$I, I \pm 0,3$	$-3, 7 \pm 0,5$	$-0, 3 \pm 0,2$
F_{17}	$0, 4 \pm 0,3$	$-0, 3 \pm 0,3$	$2, 8 \pm 0,3$
M	63,7	78,4	II6,I

$$\bar{M} = 57$$

Введение в фазовый анализ значений D_+ и D_- , предсказываемых дисперсионными соотношениями, привело к тому, что III набор перешел в I.

Заметим, что хотя в этом варианте фазового анализа произошло небольшое увеличение M в I наборе (см.табл. XIII), значе-

ние нормировочного параметра для I набора ξ_1° - уменьшилось более чем в 2 раза по сравнению с вариантом фазового анализа, в котором не использовались D_+ и D_- .

Таблица XIV

I		II	IV
S_{31}	$-20,7 \pm 0,7$	$-15,9 \pm 1,0$	$-21,6 \pm 0,6$
P_{31}	$8,7 \pm 1,4$	$-0,6 \pm 1,2$	$-9,7 \pm 1,1$
P_{33}	$134,4 \pm 0,8$	$134,7 \pm 0,6$	$133,7 \pm 0,7$
D_{33}	$-0,7 \pm 1,1$	$4,4 \pm 0,8$	$-1,5 \pm 0,8$
D_{35}	$-1,7 \pm 1,0$	$-6,2 \pm 0,6$	$-1,0 \pm 0,9$
F_{35}	$-0,5 \pm 0,5$	$+0,7 \pm 0,3$	$-0,9 \pm 0,4$
F_{37}	$1,5 \pm 0,7$	$-1,4 \pm 0,4$	$2,1 \pm 0,5$
S_{11}	$15,0 \pm 1,3$	$1,9 \pm 1,7$	$-1,9 \pm 0,5$
P_{11}	$19,8 \pm 0,8$	$28,2 \pm 1,2$	$0,3 \pm 0,6$
P_{13}	$-4,3 \pm 0,4$	$9,4 \pm 0,6$	$-0,3 \pm 0,5$
D_{13}	$4,8 \pm 0,6$	$2,3 \pm 0,8$	$-1,8 \pm 0,4$
D_{15}	$0,4 \pm 0,5$	$-0,6 \pm 0,4$	$12,0 \pm 0,6$
F_{15}	$0,7 \pm 0,3$	$-3,8 \pm 0,5$	$0,0 \pm 0,2$
F_{17}	$0,3 \pm 0,3$	$-0,1 \pm 0,3$	$2,1 \pm 0,4$
M	56,2	82,4	97,7
$\eta(P_{11}) = 0,93$		$\eta(P_{13}) = 0,98$	$\eta(D_{13}) = 0,97$
		$\eta(D_{13}) = 0,99$	
$\bar{M} = 57$		$\bar{M} = 56$	$\bar{M} = 57$

В другом варианте фазового анализа мы использовали наряду со значениями D_+ и D_- данные Линда по распределению π° - мезонов от процесса (3) и комбинированные данные Линда-Кариса. Только в случае, когда использовались комбинированные данные Линда-Кариса, нормировочный коэффициент ξ_1° уменьшился в два раза.

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

В работе^{23/} Гамильтона и Воулкока было предсказано поведение S - волн в \mathcal{N} -рассеянии. Для фазы S_{II} при 300 Мэв предсказывается следующая величина. $S_{II} \Rightarrow (16,5 \pm 6,0)$. Этот результат хорошо согласуется с нашим набором I.

На рис. 7, взятом из работы^{24/}, приведено поведение синусов удвоенных S -фаз, поделенных на удвоенный импульс \mathcal{N} -мезона в системе центра инерции. Сплошная кривая на этом рисунке представляет точное предсказание из дисперсионных соотношений, а пунктирная - комбинацию теоретических соображений и подгонку некоторых параметров к результатам фазовых анализов. Мы нанесли на рис. 7 значения S -фаз, соответствующих I и II наборам в случае SPDF - анализа. Имеющееся согласие в величине фазового сдвига S с предсказанием свидетельствует в пользу I набора.

В работе Доначи и др.^{25/} предсказано поведение ρ , D и F фазовых сдвигов в \mathcal{N} -рассеянии. Авторы считают, что предсказываемые ими величины фазовых сдвигов хорошо описывают экспериментальные данные до 400 Мэв, а до 1 Гэв дают общее поведение фазовых сдвигов.

Проведенное сравнение полученных фазовых сдвигов с результатами фазовых анализов, выполненных при 98 Мэв, 120 Мэв, 224 Мэв и 310 Мэв показало, что имеется удовлетворительное согласие между ними. Большое место в работе Доначи и др. отведено обсуждению результатов фазового анализа \mathcal{N} - \mathcal{N} -взаимодействия, выполненного Виком и Ругге при 310 Мэв. Анализируя три набора Вика-

Ругге, авторы делают вывод, что только II набор находится в хорошем согласии с их предсказаниями. В отношении набора I Вика-Ругге они считают, что он совсем не совместим с их теорией. В таблице XV приведены значения P , D и F фазовых сдвигов нашего I набора, I и II набора Вика-Ругге и величины фазовых сдвигов, предсказанные Доначи и др.

Таблица XV

Наш I набор	Наборы Вика и Ругге		Предсказанные фазовые сдвиги Доначи и др. 2/
	I	II	
P_{31} $-8,2 \pm 1,5$	$0,4 \pm 2,0$	$-11,8 \pm 0,8$	$-13,0 \begin{matrix} +1,3 \\ -2,3 \end{matrix}$
P_{33} $134,4 \pm 0,8$	$135,1 \pm 0,6$	$137,0 \pm 0,8$	$137,4 \begin{matrix} +3,8 \\ -0,5 \end{matrix}$
D_{33} $-0,4 \pm 1,1$	$5,1 \pm 1,0$	$-3,1 \pm 0,6$	$-1,3 \pm 0,3$
D_{35} $-1,9 \pm 1,1$	$-6,5 \pm 1,0$	$1,2 \pm 0,8$	$-2,1 \pm 0,1$
P_{13} $-3,5 \pm 0,7$	$1,7 \pm 1,3$	$-3,6 \pm 0,7$	$-3,5 \begin{matrix} +1,0 \\ -3,4 \end{matrix}$
D_{13} $5,0 \pm 0,6$	$-5,5 \pm 0,3$	$5,9 \pm 0,5$	$5,7 \pm 1,6$
D_{15} $1,0 \pm 0,7$	$15,3 \pm 0,8$	$0,3 \pm 0,6$	$0,7 \pm 0,15$
F_{15} $0,8 \pm 0,3$	$-0,1 \pm 0,3$	$1,8 \pm 0,3$	$0,76$
F_{17} $0,6 \pm 0,4$	$2,3 \pm 0,7$	$-0,7 \pm 0,3$	$-0,13$
F_{35} $-0,3 \pm 0,5$	$0,8 \pm 0,3$	$-1,7 \pm 0,5$	$-0,13$
F_{37} $1,3 \pm 0,7$	$-1,8 \pm 0,5$	$3,1 \pm 0,5$	$0,58$

Сравнение величин фазовых сдвигов, приведенных в первой и четвертой колонках таблицы XV, показывает, что имеется хорошее согласие между фазовыми сдвигами I набора с предсказанными Доначи, в том числе и для F - фаз.

В работе Брандена и др.^{17/} было исследовано пион-нуклонное рассеяние в интервале 300-700 Мэв. Авторы, используя дисперсионные соотношения для парциальных волн и всю информацию о π - p - рассеянии, получили ряд коэффициентов. Такая параметризация позволила им вычислить ход фазовых сдвигов с энергией.

На рис.8, взятом из работы^{17/}, проводится сравнение экспериментальных значений поляризации протонов отдачи, измеренных Виком и Ругге, и ожидаемой угловой зависимостью поляризации согласно вычислениям Брансдена.

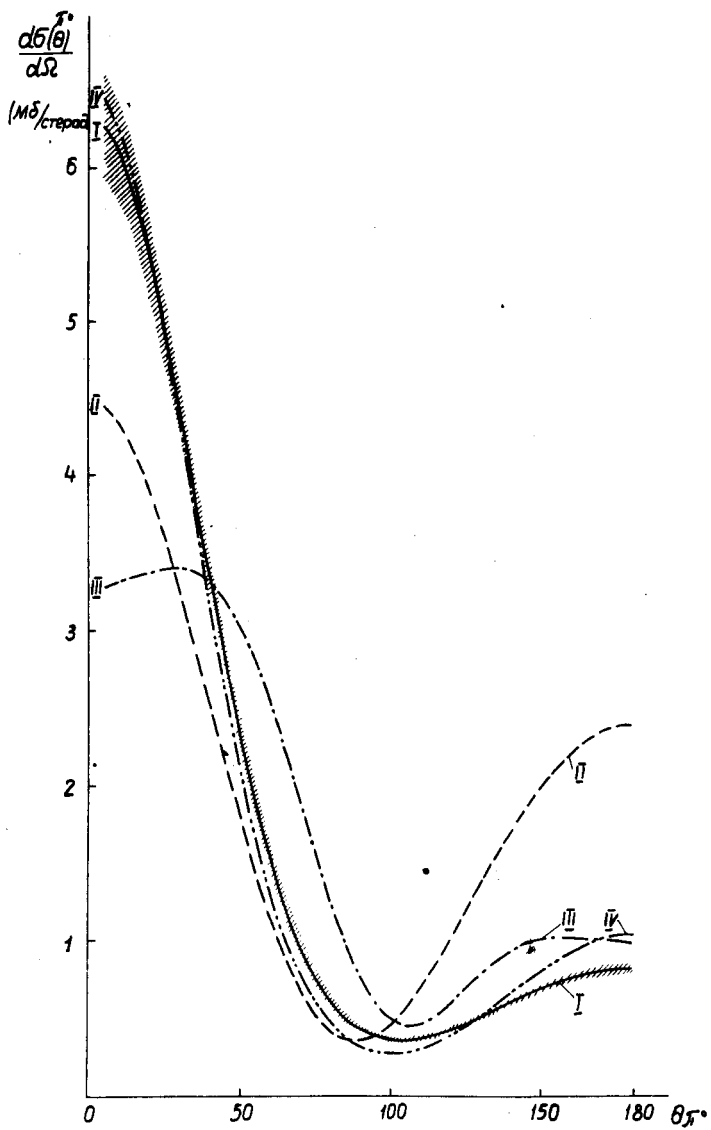
На рис.8 мы привели наши результаты измерений поляризации протонов отдачи при 300 Мэв. Видно, что между ними и предсказаниями Брансдена имеется хорошее согласие.

ЛИТЕРАТУРА

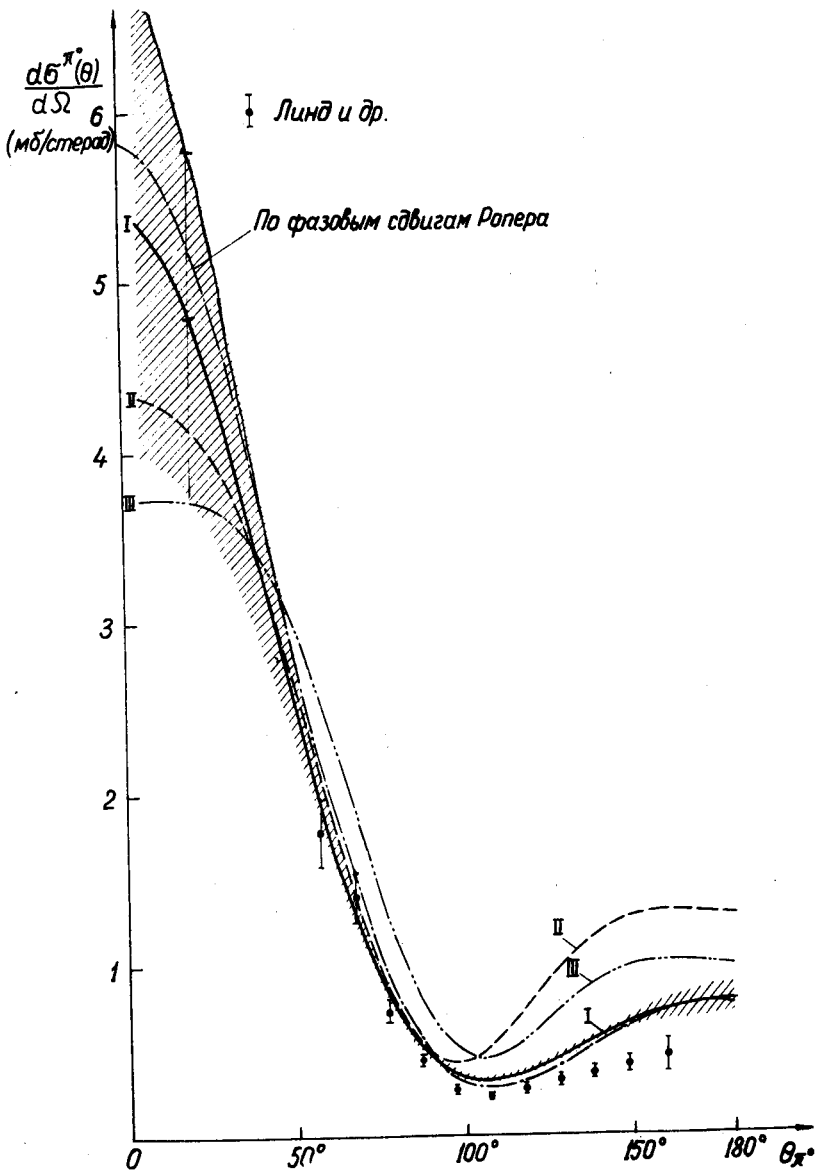
- I. И.М.Василевский, В.В.Вишняков, И.М.Иванченко, Л.И.Лалидус, И.Н.Силин, А.А.Тяпкин, В.А.Щегельский. Препринт ОИЯИ, Е-2860, 1966 - Phys. Letters (в печати).
2. И.М.Иванченко, В.А.Щегельский. Ядерная физика, 3, 108, 1966
3. J.H.Foote, O.Chamberlain, E.H.Rogers, H.M.Steiner. Phys. Rev., 122, 959, 1961.
4. O.T.Vik, H.R.Rugge. Phys. Rev., 129, 2311, 1963.
5. H.R.Rugge, O.T.Vik. Phys. Rev., 129, 2300, 1963.
6. В.Г.Зинов, С.М.Коренченко. ЖЭТФ, 38, 1399, 1960.
7. J.C.Caris, R.W.Kenney, V.Perez-Mendez, W.A.Perkins. Phys. Rev., 121, 893, 1961.
8. D.L.Lind, B.C.Barish, R.J.Kurz, P.M.Ogden, V.Perez-Mendez. Phys. Rev., 138, B 1509, 1965.
9. J.H.Foote, O.Chamberlain, E.H.Rogers, H.M.Steiner, C.E.Wiegand, T.Ypsilantis. Phys. Rev., 122, 948, 1961.
10. R.E.Hill, N.E.Booth, R.J.Esterling, D.L.Jenkins, M.H.Lipman, H.R.Ruge, O.T.Vik. Bull. Am. Phys. Soc., 9, 410, 1964.
- II. Ю.М.Казаринов, И.Н.Силин. ЖЭТФ, 43, 692, 1962 ; 43, 1385, 1962.
- I2. А.А.Тяпкин. Препринт ОИЯИ, Е-2353, 1965 г.
- I3. И.М.Василевский, В.В.Вишняков, И.М.Иванченко, В.А.Щегельский. Труды XII Международной конференции по физике высоких энергий. Дубна, 1964 г., том I, стр.43.
- I4. L.D.Roper Phys. Rev. Lett., 12, 340, 1964.
- I5. P.Auvil, A.Donnachie, A.T.Lea, C.Lovelace. Труды XII Международной конференции по физике высоких энергий, Дубна, 1964 г., том I, стр. 270.
- I6. P.Bareyre, C.Brickman, A.V.Stirling, G.Villet. Phys. Letters, 18, 342, 1965.

17. B.H.Brandsen, P.J.O'Donnell, R.G.Moorhouse. Phys. Rev., 139, B 1566, 1965.
18. L.D.Roper, R.M.Wright, UCRL - 12198, 1964.
19. R.J.Kurz, D.L.Lind, UCRL - 11548, 1964.
20. Н.П.Клепиков, В.А.Мешеряков, С.Н.Соколов. Препринт ОИЯИ, Д-584, 1960..
21. G.Hohler, G.Ebel, G.J.Giesecke. Zeitschrift der Physik, 180, 430, 1964. Karlsruhe preprint, 1964.
22. T.D.Spearman. Nuovo Cimento, 15, 147, 1960.
23. J.Hamilton, W.S.Woolcock. Rev. Mod. Phys., 35, 737, 1963.
24. J.Hamilton in book "Strong Interactions and High Energy Physics", Edited by R.G.Moorhouse. Edinburg and London, 1964, P. 296.
25. A.Donnachie, J.Hamilton, A.T.Lea. Phys. Rev., 135, B 515, 1964.

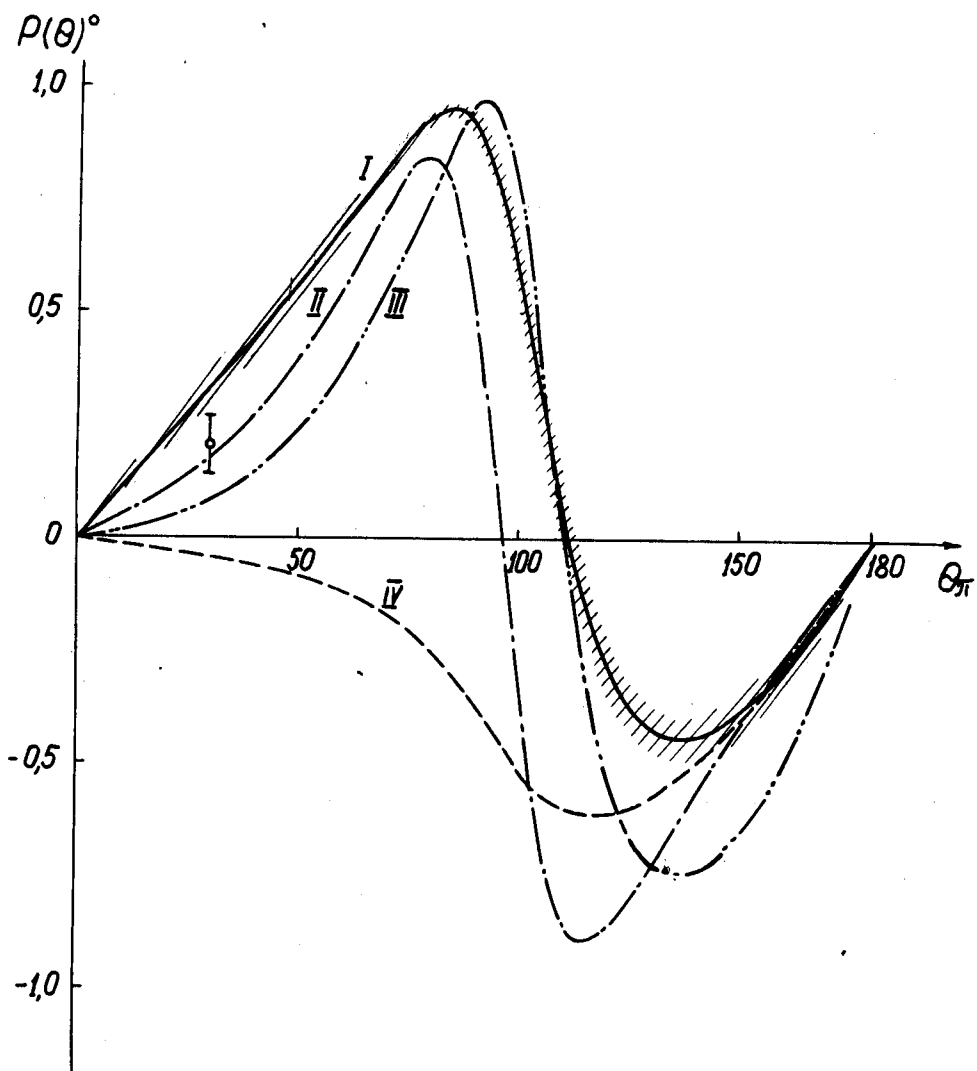
Рукопись поступила в издательский отдел
18 августа 1966 г.



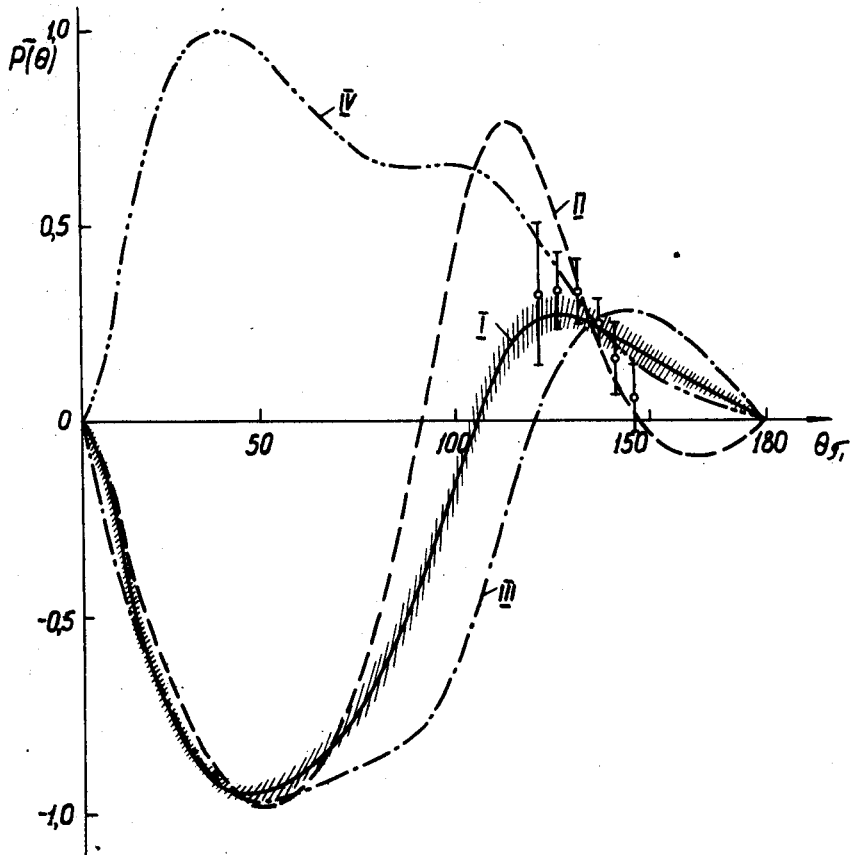
Р и с. I



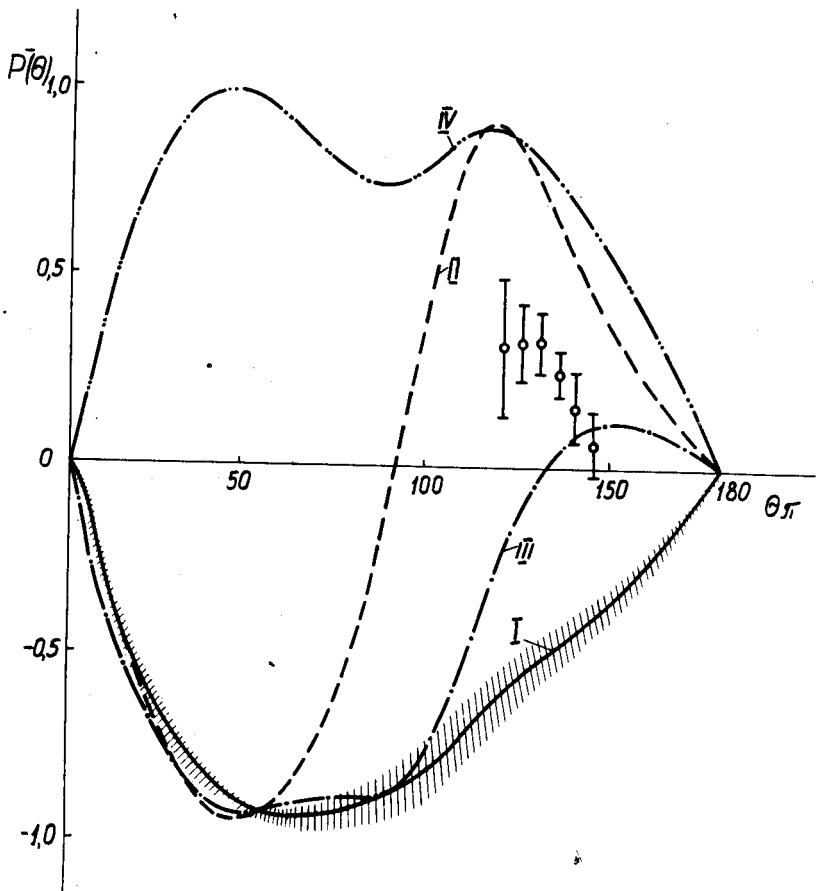
Р и с . 2



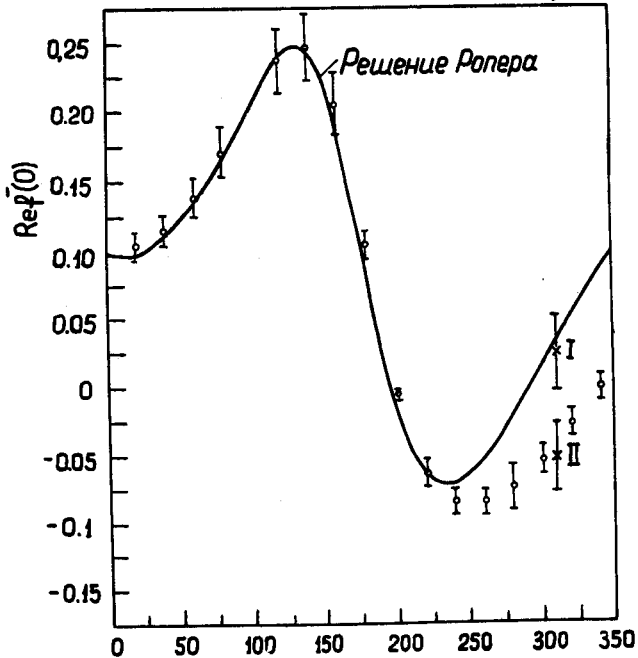
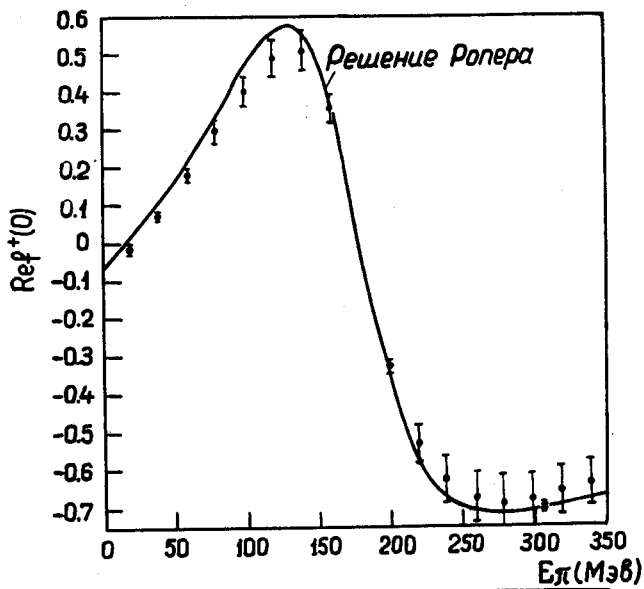
Р и с. 3



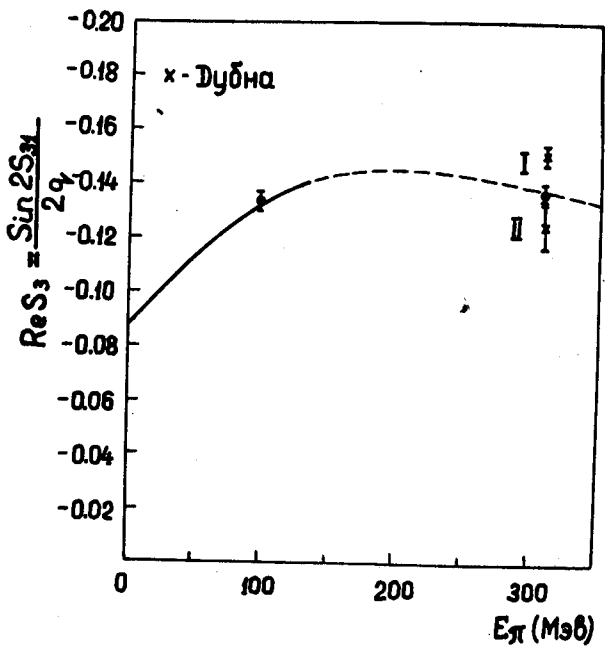
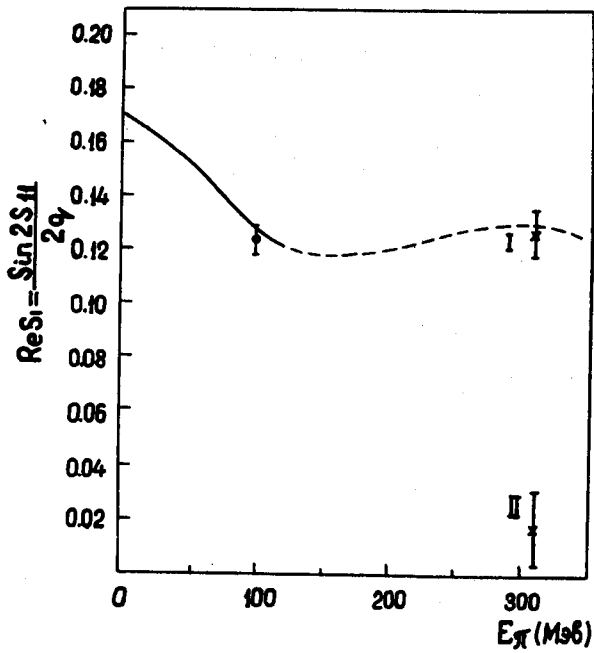
Р и с . 4



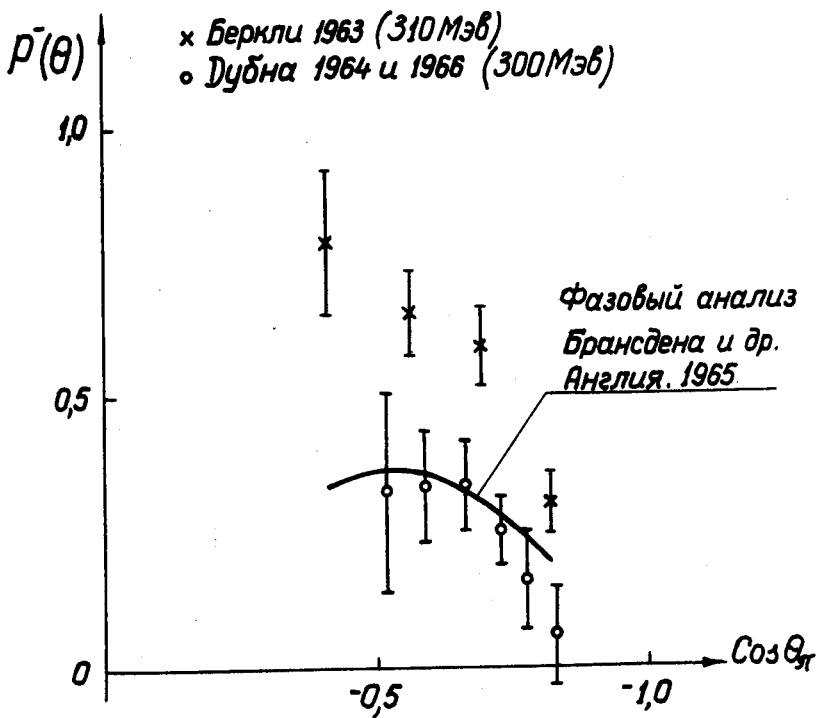
Р и с . 5



Р и с . 6



Р и с . 7



Р и с. 8