

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

3208/82

12/7-82

P1-82-223

В.Г.Вовченко, М.Ю.Казаринов, Ю.М.Казаринов,  
А.Н.Прокофьев, И.Страхота

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО  $pp$ -РАССЕЯНИЮ  
В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ИНТЕРВАЛЕ 630-950 МэВ

Направлено в журнал "Ядерная физика"

1982

Проведение экспериментов по программе полного опыта является одной из важных задач в физике нуклон-нуклонных взаимодействий при промежуточных энергиях. В последнее время интерес к этой проблеме существенно возрос в связи с гипотезой дибарионных резонансов, существование которых предсказывается рядом теоретических моделей <sup>1-4</sup>.

Первым поводом к экспериментальному исследованию проблемы дибарионных резонансов в нуклон-нуклонном рассеянии явилось обнаружение в Аргонне (ANL) немоного поведения энергетических зависимостей разности полных сечений  $\rho\rho$ -взаимодействия в чистых спиновых состояниях  $\Delta\sigma_L$  <sup>5</sup> и  $\Delta\sigma_T$  <sup>6</sup> и параметра спиновой корреляции  $C_{pp}$  <sup>7</sup> в интервале от 500 до 1500 МэВ. Анализ результатов аргонских экспериментов, выполненный в нескольких работах, позволил авторам сделать вывод о резонансном поведении  $^1D_2$ ,  $^3F_3$  и  $^1G_4$  парциальных амплитуд упругого  $\rho\rho$ -рассеяния /см., например, <sup>8</sup>/. Необходимо отметить, что результаты экспериментов по  $\pi d$ -рассеянию и фоторасщеплению дейтрона также указывают на возможное существование дибарионных резонансов <sup>9,10</sup>. Вместе с тем сразу же после опубликования первых аргонских данных и их объяснения как результата образования дипротонных резонансов появились работы, в которых предлагалась "нерезонансная" интерпретация этих данных <sup>11-14</sup>. Неоднозначность интерпретации связана в основном с тем, что наблюдаемые эффекты находятся вблизи порога образования  $\Delta$  /3.3/ изобары и в той области энергий, где резко возрастает сечение неупругого  $\rho\rho$ -взаимодействия.

Известно, что наиболее надежные заключения о существовании резонансов в NN-взаимодействии при промежуточных энергиях можно сделать на основе фазового анализа. Впервые фазовый анализ, в котором было получено резонансноподобное поведение в энергетической зависимости  $^1D_2$  и  $^3F_3$  амплитуд упругого рассеяния, был выполнен Н.Хошизаки в 1978 г. <sup>15</sup>. Позднее фазовый анализ был проведен несколькими группами <sup>16-18</sup>. В этих работах были получены решения, близкие к решению Н.Хошизаки. Однако фазовый анализ с  $\ell_{\max} \geq 6$  до сих пор оставался неоднозначным, следовательно, и заключения по его результатам также не являлись однозначными. Кроме того, предсказания энергетической зависимости параметра спиновой корреляции  $C_{pp}$ , сделанные Н.Хошизаки, заметно расходились с результатами измерения этой зависимости, полученными на ускорителе ЛИЯФ в 1979-1980 гг. <sup>18</sup>.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ЦЕНТР  
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ  
БИБЛИОТЕКА

По этим причинам проведение фазового анализа с привлечением новых экспериментальных данных в указанном диапазоне энергий остается актуальной задачей и в настоящее время.

## 1. ПРОЦЕДУРА ФАЗОВОГО АНАЛИЗА

Фазовый анализ проводился по программе ГА70а<sup>/19/</sup>, которая является модернизированной версией программ фазового анализа, разработанной в ОИЯИ в 1962 г.<sup>/20/</sup>.

### 1.1. Исходные наборы фазовых сдвигов

В качестве исходных значений фазовых сдвигов были использованы решения, полученные ранее в работах Р.Ардта и др. /1980 г./<sup>/17/</sup>, Н.Хошизаки /1978 г./<sup>/15/</sup>, Ж.Коззика /1974 г./<sup>/22/</sup>, И.Быстрицкого и др. /1979, 1981 гг./<sup>/16/</sup>, С.Фуруичи и др. /1976 г./<sup>/21/</sup>, Л.Н.Глонти и др. /1972 г./<sup>/23/</sup>, Р.Я.Зулькарнеева и др. /1972 г./<sup>/24/</sup>, Н.С.Борисова и др. /1981 г./<sup>/25/</sup>, М.И.Джгаркава и др. /1981 г./<sup>/26/</sup>. При этом предполагалось, что поверхность функционала  $\chi^2$  в пространстве искомых параметров исследована в указанных работах достаточно тщательно и появление новых низколежащих минимумов  $\chi^2$  маловероятно.

### 1.2. Интервалы по энергии

Фазовый анализ проводился при шести энергиях: 630 $\pm$ 20 МэВ, 670 $\pm$ 20 МэВ, 720 $\pm$ 15 МэВ, 760 $\pm$ 25 МэВ, 800 $\pm$ 12 МэВ, 950 $\pm$ 20 МэВ. Энергия и величина энергетических интервалов выбирались с учетом предсказаний ширины дипротонных резонансов / ~100 МэВ/ и наличия экспериментальных данных.

### 1.3. Экспериментальные данные

При проведении фазового анализа кроме данных, содержащихся в компиляции<sup>/27/</sup> по нуклон-нуклонному рассеянию \*, были использованы новые экспериментальные результаты, опубликованные в 1978-1981 гг.:

P, C <sub>pp</sub>	Гатчина	690-950 МэВ	<sup>/25,28/</sup>
P, D, R, A	Гатчина	970 МэВ	<sup>/28-31/</sup>
P, C <sub>pp</sub>	Аргон	789,960 МэВ	<sup>/32/</sup>
P, D, R, A, C <sub>pp</sub>	Лос-Аламос	643,796 МэВ	<sup>/33-37/</sup>
d $\sigma$ /d $\Omega$	Гатчина	648-992 МэВ	<sup>38/</sup>

\* Все экспериментальные данные, вошедшие в компиляцию<sup>/27/</sup>, будут обозначаться индексами, принятыми в этой работе. Например, S-92 или V-7 и т.д.

$\Delta\sigma_T$	Аргонн	698-1050 МэВ	<sup>/39/</sup>
$\Delta\sigma_T$	Сакле	600-750 МэВ	<sup>/40/</sup>
$\Delta\sigma_L$	Лос-Аламос	600-800 МэВ	<sup>/45/</sup>

Дополнительно в фазовый анализ включены значения реальных частей амплитуд рассеяния под углом 0°, полученные в дисперсионном анализе Грейна и Кролла<sup>/41/</sup>.

### 1.4. Отбор и нормировка данных

В процессе отбора данных для всех допускающих перенормировку экспериментов вводилась норма как свободный параметр, и на таком экспериментальном материале проводился фазовый анализ при  $\ell_{max}=6$ . Несовместимыми с остальными /полной совокупностью данных/ экспериментами считались те эксперименты, для которых вклад в  $\chi^2$  на точку превышал 2 при любых начальных условиях. Были исключены также отдельные экспериментальные точки, вклад которых в  $\chi^2$  превышал 9. Количество исключенных точек приведено в табл. 1,3,5,7,9,11 и составляет менее 5% от общего числа экспериментальных данных.

При проведении фазового анализа нормы вводились только для дифференциальных сечений и в некоторых случаях для данных по поляризации /см. табл.1,5,9/. Перенормировка экспериментальных данных в пределах ошибок не меняет средних значений фазовых сдвигов, найденных решений, но позволяет заметно понизить значение  $\chi^2$  для каждого набора.

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ФАЗОВОГО АНАЛИЗА

Используя подготовительный экспериментальный материал, мы уточнили все перечисленные выше решения при соответствующих энергиях. Предполагалось, что мезообразование идет из начальных состояний с  $\ell \leq 5$ . Фазовый анализ проводился при  $\ell_{max} = 5,6,7$ . С помощью критерия  $\chi^2$  было установлено, что наилучшим значением максимального орбитального момента, при котором ведется поиск фазовых сдвигов, является  $\ell_{max}=7$ . Фазовые сдвиги для pp-рассеяния при  $\ell_{max}=7$  приведены в табл. 2,4,6,8,10,12.

### 2.1. Фазовый анализ при энергии 630 МэВ

В качестве исходных наборов фазовых сдвигов были использованы 11 решений, полученные в работах<sup>/15-17, 21-24, 28/</sup>. При проведении фазового анализа данные по дифференциальным сечениям и поляризации были перенормированы. Необходимость перенормировки поляризации связана с тем, что новые экспериментальные данные, полученные в эксперименте<sup>/33/</sup>, превышают ранее известные данные на 7-8% при значительно меньших статистических и систематических ошибках. Полученные нормы и число исключенных точек приведены в табл.1.

Таблица 1

Экспериментальные данные, использованные в фазовом анализе при энергии 630 МэВ

Наблю- даемая величина	Ссылка	Кол-во точек N <sub>p</sub>	Решение А		Решение В		Кол-во искл точек
			Норма	$\chi^2/N_p$	Норма	$\chi^2/N_p$	
$\delta_{tot}$	/27/	1	—	0,25	—	0,87	—
$\delta_{in}$	/27/	1	—	0,85	—	0,72	—
$\Delta\delta_T$	/40/	1	—	0,01	—	0,00	—
$\Delta\delta_L$	/27/	1	—	0,01	—	4,24	—
$\alpha$	V7	1	—	0,02	—	0,05	—
REF2	/41/	1	—	0,06	—	0,26	—
REF3	/41/	1	—	0,00	—	0,76	—
$\frac{d\delta}{d\alpha}$	M15	1	—	—	—	—	1
	R9	11	0,98 ± 0,03	0,51	0,98 ± 0,03	0,40	—
	A86	14	—	—	—	—	14
	M15	2	0,93 ± 0,04	0,09	0,93 ± 0,04	0,03	—
	M15	2	0,95 ± 0,04	0,20	0,95 ± 0,04	0,60	—
	W27	7	1,03 ± 0,03	0,68	1,03 ± 0,04	1,84	—
V7	28	1,05 ± 0,04	1,06	1,00 ± 0,04	1,10	—	
P	/33/	11	1,00 ± 0,01	0,63	1,01 ± 0,01	0,60	—
	B1	8	0,91 ± 0,02	1,90	0,92 ± 0,02	2,40	—
	D7	9	1,12 ± 0,04	0,31	1,13 ± 0,04	0,32	—
	K17	23	1,08 ± 0,01	0,62	1,09 ± 0,01	0,61	—
	Z2	9	1,10 ± 0,03	1,20	1,12 ± 0,03	1,07	1
/35/	4	1,00 ± 0,01	0,70	1,02 ± 0,01	0,92	—	
D	/34/	8	—	0,85	—	2,65	—
	D7	1	—	6,80	—	7,72	—
	Z3	9	—	1,08	—	2,38	—
	A9	5	—	1,50	—	1,54	—
R	/34/	10	—	0,58	—	8,89	—
	K14	5	—	2,37	—	3,17	—
A	/34/	10	—	0,94	—	2,08	—
C <sub>nn</sub>	/33/	11	—	0,58	—	0,90	—
	B236	4	—	0,69	—	0,56	—
	G6	2	—	1,52	—	1,50	—
G5	1	—	1,97	—	1,87	—	
C <sub>ll</sub>	S92	12	—	0,59	—	0,87	—

Таблица 2

Фазовые сдвиги для pp-рассеяния при энергии 630 МэВ

Фазовый сдвиг	Решение А		Решение В	
	$\delta^\circ$	$\eta$	$\delta^\circ$	$\eta$
1S0	-30,18 ± 2,84	0,89 ± 0,08	-46,68 ± 1,96	0,72 ± 0,06
3P0	-43,24 ± 4,23	0,78 ± 0,12	-20,91 ± 0,93	1,00 ± 0,05
3P1	-47,73 ± 3,12	0,84 ± 0,09	-36,34 ± 1,63	0,85 ± 0,05
3P2	16,66 ± 0,81	0,85 ± 0,06	25,95 ± 0,71	0,97 ± 0,03
1D2	10,76 ± 1,01	0,74 ± 0,03	5,57 ± 0,97	0,81 ± 0,02
E2	-0,69 ± 0,73	—	1,82 ± 0,46	—
3F2	-2,94 ± 0,94	1,00 ± 0,02	-2,22 ± 0,50	1,00 ± 0,03
3F3	0,14 ± 0,57	0,83 ± 0,02	3,60 ± 0,52	0,79 ± 0,02
3F4	4,80 ± 0,54	1,00 ± 0,03	6,42 ± 0,46	0,96 ± 0,01
1G4	4,06 ± 0,33	0,98 ± 0,01	4,17 ± 0,45	0,97 ± 0,01
E4	-1,18 ± 0,27	—	-0,79 ± 0,24	—
3H4	0,22 ± 0,34	0,99 ± 0,02	-1,12 ± 0,30	0,96 ± 0,01
3H5	-0,77 ± 0,67	1,00 ± 0,01	-0,72 ± 0,37	1,00 ± 0,01
3H6	1,52 ± 0,18	1,00 ± 0,01	-1,10 ± 0,33	1,00 ± 0,01
1I6	0,85 ± 0,22	—	1,64 ± 0,20	—
E6	-0,51 ± 0,17	—	-0,68 ± 0,16	—
3J6	0,57 ± 0,20	—	-0,49 ± 0,20	—
3J7	-0,69 ± 0,31	—	-0,68 ± 0,23	—
3J8	0,26 ± 0,11	—	-1,35 ± 0,23	—

В результате фазового анализа с  $\ell_{max}=7$  было получено 2 решения А и В /см. табл.2/ со значениями  $\chi^2$ , равными 175 и 326 при  $\chi^2=166$ . Уровень достоверности по  $\chi^2$ -критерию составляет для наборов А и В соответственно 0,30 и  $2,7 \cdot 10^{-12}$ . Таким образом, решение В может быть отброшено по  $\chi^2$ -критерию. Оставшееся решение хорошо согласуется с решениями Арндта и др.<sup>/17/</sup> и Н.Хошизаки<sup>/15/</sup>. Для проверки устойчивости полученных решений при изменении числа параметров производилось уточнение исходных наборов с  $\ell_{max}=5,6$ . При этом характер решений не изменился, хотя качество описания несколько ухудшилось.

Исключение из набора использованных в фазовом анализе данных результатов дисперсионного анализа Грейна и Кролла<sup>/41/</sup> не изменяет полученных решений.

Таблица 3

Экспериментальные данные, использованные в фазовом анализе при энергии 670 МэВ

Наблюдаемая величина	Ссылка	Кол-во точек $N_p$	Решение А		Решение С		Решение В		Кол-во искл. точек
			Норма	$\chi^2/N_p$	Норма	$\chi^2/N_p$	Норма	$\chi^2/N_p$	
$\sigma_{tot}$	/27/	1	—	0,24	—	0,13	—	0,23	—
$\sigma_{in}$	/27/	1	—	0,08	—	0,11	—	0,44	—
$\Delta\sigma_T$	/40/	1	—	0,00	—	0,00	—	0,02	—
$\Delta\sigma_L$	/27/	1	—	0,00	—	0,06	—	0,01	—
$\alpha$	N7	1	—	0,56	—	0,82	—	0,00	—
REF2	/41/	1	—	0,03	—	0,00	—	0,02	—
REF3	/41/	1	—	0,12	—	0,09	—	0,02	—
$\frac{d\sigma}{d\Omega}$	B185	9	$1,04 \pm 0,06$	0,59	$1,04 \pm 0,06$	0,58	$1,04 \pm 0,06$	0,58	1
	G11	41	$1,00 \pm 0,04$	1,07	$1,00 \pm 0,04$	1,11	$1,01 \pm 0,04$	1,12	3
	M15	2	$0,98 \pm 0,04$	0,05	$0,98 \pm 0,04$	0,09	$0,99 \pm 0,04$	0,05	—
	B13	5	$1,01 \pm 0,05$	1,22	$1,00 \pm 0,05$	1,27	$1,01 \pm 0,05$	1,68	1
	B14	7	$0,97 \pm 0,03$	0,52	$0,97 \pm 0,03$	0,47	$0,98 \pm 0,03$	0,45	2
	D31	26	—	—	—	—	—	—	26
	B15	6	$1,16 \pm 0,05$	0,26	$1,16 \pm 0,05$	0,30	$1,17 \pm 0,05$	0,42	2
	N3	7	$0,98 \pm 0,03$	0,13	$0,97 \pm 0,03$	0,05	$0,98 \pm 0,03$	0,04	1
	W7	20	$1,09 \pm 0,04$	0,87	$1,09 \pm 0,04$	0,67	$1,10 \pm 0,04$	0,76	—
	A3	13	$1,09 \pm 0,04$	1,37	$1,08 \pm 0,04$	1,24	$1,09 \pm 0,04$	1,31	3
P	A11	8	—	0,45	—	0,35	—	0,36	—
	A11	1	—	0,22	—	0,15	—	0,26	—
	A9	11	—	0,79	—	0,71	—	0,78	1
	S9	6	—	—	—	—	—	—	6
	B1	15	—	1,40	—	1,23	—	1,59	—
	A3	14	—	1,40	—	1,33	—	0,38	—
D	D19	13	—	1,13	—	1,13	—	0,31	—
	B11	2	—	1,42	—	0,42	—	0,26	—
R	S9	5	—	1,69	—	1,99	—	0,91	—
	L6	4	—	1,54	—	1,88	—	1,58	—
R'	L6	4	—	0,79	—	0,88	—	1,27	—
$C_{nn}$	G6	2	—	1,13	—	1,31	—	1,27	—
	G5	1	—	0,63	—	0,62	—	0,62	—
	D19	13	—	0,66	—	0,69	—	0,67	—
	/28/	2	—	0,31	—	0,51	—	0,34	—
$C_{ll}$	S92	15	—	0,88	—	0,69	—	0,67	—
$C_{kp}$	N6	1	—	0,46	—	0,48	—	0,49	—

## 2.2. Фазовый анализ при энергии 670 МэВ

В диапазоне энергий 650–690 МэВ помимо полных сечений  $\sigma_{tot}$ ,  $\sigma_{in}$ ,  $\Delta\sigma_T$ ,  $\Delta\sigma_L$  к настоящему времени измерены 8 наблюдаемых величин:  $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ , P, D, R, R',  $C_{nn}$ ,  $C_{ll}$ ,  $C_{kp}$ . Однако следует отметить, что из 231 экспериментальной точки на долю  $\frac{d\sigma}{d\Omega}$  и P приходится 178 /см. табл.3/. Кроме того, угловая зависимость остальных наблюдаемых величин, за исключением параметров  $C_{nn}$  и  $C_{ll}$  (S-92), измерена с невысокой точностью, в то время как дифференциальные сечения и поляризация измерены достаточно точно в широком угловом диапазоне. Данные по поляризации хорошо согласуются в пределах статистических ошибок, поэтому

Таблица 4

Фазовые сдвиги для pp-рассеяния при энергии 670 МэВ

Фаз. сдвиг	Решение А		Решение С		Решение В	
	$\delta^\circ$	$\eta$	$\delta^\circ$	$\eta$	$\delta^\circ$	$\eta$
1S0	$-32,78 \pm 7,50$	$0,79 \pm 0,19$	$-38,95 \pm 10,07$	$0,92 \pm 0,22$	$-37,09 \pm 7,63$	$0,75 \pm 0,18$
3P0	$-69,14 \pm 13,24$	$0,46 \pm 0,17$	$-68,09 \pm 21,75$	$0,54 \pm 0,18$	$-15,24 \pm 2,81$	$0,97 \pm 0,12$
3P1	$-42,98 \pm 4,43$	$1,00 \pm 0,13$	$-39,38 \pm 12,39$	$0,89 \pm 0,22$	$-41,09 \pm 1,69$	$1,00 \pm 0,10$
3P2	$14,81 \pm 1,73$	$0,96 \pm 0,05$	$19,30 \pm 3,62$	$1,00 \pm 0,11$	$28,54 \pm 1,99$	$0,81 \pm 0,05$
1D2	$11,54 \pm 2,84$	$0,67 \pm 0,08$	$2,97 \pm 3,62$	$0,77 \pm 0,17$	$4,30 \pm 2,22$	$0,80 \pm 0,05$
E2	$-0,89 \pm 2,21$	—	$-2,57 \pm 1,76$	—	$3,47 \pm 1,39$	—
3F2	$-8,68 \pm 2,16$	$1,00 \pm 0,03$	$-5,21 \pm 1,47$	$0,98 \pm 0,02$	$-8,94 \pm 1,85$	$0,93 \pm 0,03$
3F3	$1,60 \pm 2,51$	$0,74 \pm 0,05$	$1,76 \pm 1,74$	$0,73 \pm 0,09$	$-0,24 \pm 1,71$	$0,86 \pm 0,05$
3F4	$2,31 \pm 0,96$	$1,00 \pm 0,08$	$4,88 \pm 0,63$	$1,00 \pm 0,06$	$0,24 \pm 1,43$	$1,00 \pm 0,06$
1G4	$4,40 \pm 0,94$	$0,99 \pm 0,06$	$5,68 \pm 2,80$	$0,94 \pm 0,11$	$5,58 \pm 1,11$	$0,91 \pm 0,04$
E4	$-1,46 \pm 0,43$	—	$-2,92 \pm 0,48$	—	$-2,30 \pm 0,75$	—
3H4	$-1,87 \pm 1,21$	$1,00 \pm 0,00$	$0,39 \pm 0,94$	$1,00 \pm 0,00$	$0,01 \pm 1,12$	$1,00 \pm 0,00$
3H5	$2,45 \pm 1,48$	$0,92 \pm 0,06$	$-3,99 \pm 0,87$	$0,95 \pm 0,06$	$-0,88 \pm 1,81$	$0,93 \pm 0,03$
3H6	$1,76 \pm 0,64$	$1,00 \pm 0,00$	$1,60 \pm 0,46$	$1,00 \pm 0,00$	$1,69 \pm 1,00$	$1,00 \pm 0,00$
1I6	$0,16 \pm 0,59$	—	$1,90 \pm 0,76$	—	$1,41 \pm 0,67$	—
E6	$0,56 \pm 0,41$	—	$-0,87 \pm 0,47$	—	$-1,63 \pm 0,46$	—
3J6	$1,31 \pm 0,71$	—	$1,00 \pm 0,57$	—	$1,53 \pm 0,42$	—
3J7	$0,00 \pm 1,06$	—	$-2,35 \pm 0,49$	—	$0,10 \pm 0,90$	—
3J8	$0,70 \pm 0,14$	—	$0,65 \pm 0,20$	—	$1,69 \pm 0,43$	—

при проведении фазового анализа нормы вводились только для дифференциальных сечений. Полученные нормы и число исключенных точек приведены в табл.3.

При проведении фазового анализа использовались шесть начальных наборов фазовых сдвигов, полученных в работах /15-17,22/. В результате фазового анализа были получены три решения А, В и С /см. табл.4/ со значениями  $\chi^2$ , равными 203, 193 и 199 соответственно, при  $\chi^2=185$ . Решение С по своему характеру ближе к решению А, чем решение В. Основное отличие решения А от решения С состоит в том, что последнее имеет большое абсолютное значение реальных частей фазовых сдвигов  ${}^3P_0$  и  ${}^3P_1$  и меньшее значение реальной части фазового сдвига  ${}^1D_2$ .

Число и характер решений не меняется при переходе к меньшим значениям  $l_{\max}=5,6$ .

При проведении фазового анализа без использования расчетных значений реальных частей амплитуд под углом  $0^\circ/41/$  получены пять решений, три из которых в пределах ошибок совпадают с решениями А, В и С.

### 2.3. Фазовый анализ при энергии 720 МэВ

В широком энергетическом интервале 670-796 МэВ кроме данных по полным сечениям существуют экспериментальные данные по упругому pp-рассеянию лишь трех типов:  $d\sigma/d\Omega$ , P,  $C_{nn}$ , поэтому при проведении фазового анализа при энергии 720 МэВ были использованы параметры тройного рассеяния D, R, R', полученные в экспериментах (S-9) и (L-8), выполненных при энергии 670 МэВ, и параметр спиновой корреляции, измеренный в эксперименте (S-92) при энергии 665 МэВ, а также данные по дифференциальным сечениям, полученные в ЛИЯФ при энергиях 698 МэВ (V-7) и 746 МэВ /38/.

В качестве начальных наборов были использованы решения, полученные в работах /15-17,22/. Нормы вводились для дифференциальных сечений и поляризаций /см. табл. 5/. В результате фазового анализа получено 2 решения типа А и С /см. табл.6/ со значениями  $\chi^2$ , равными 168 и 164 соответственно, при  $\chi^2=166$ . Число и характер решений не меняется при переходе к меньшим значениям  $l_{\max}=5,6$ . При проведении фазового анализа без использования расчетных значений реальных частей амплитуд под углом  $0^\circ/41/$  кроме решений типа А и С дополнительно получены еще два решения.

### 2.4. Фазовый анализ при энергии 760 МэВ

Как уже отмечалось, набор экспериментов по упругому pp-рассеянию ограничен в рассматриваемом диапазоне энергий тремя типами наблюдаемых величин, поэтому, как и в предыдущем слу-

Таблица 5

Экспериментальные данные, использованные в фазовом анализе при энергии 720 МэВ

Наблюдаемая величина	Ссылка	Кол-во точек $N_p$	Решение А		Решение С		Кол-во искл. точек
			Норма	$\chi^2/N_p$	Норма	$\chi^2/N_p$	
$b_{tot}$	/27/	1	—	0,03	—	0,20	—
$b_{in}$	/27/	1	—	0,05	—	0,01	—
$\Delta b_T$	/40/	1	—	0,00	—	0,00	—
$\Delta b_L$	/27/	1	—	0,00	—	0,00	—
$\alpha$	/44/	1	—	1,65	—	1,72	—
REF2	/41/	1	—	0,05	—	0,06	—
REF3	/41/	1	—	0,02	—	0,00	—
$d\sigma/d\Omega$	/38/	25	$0,97 \pm 0,02$	0,78	$0,97 \pm 0,02$	0,78	—
	V7	28	$1,08 \pm 0,03$	1,36	$1,07 \pm 0,03$	1,36	2
	R9	13	$0,95 \pm 0,02$	1,12	$0,95 \pm 0,02$	1,12	—
	M37	11	$1,09 \pm 0,02$	0,57	$1,09 \pm 0,02$	0,56	—
	A112	16	$1,06 \pm 0,02$	1,00	$1,06 \pm 0,02$	0,98	1
A3	12	$0,90 \pm 0,03$	0,39	$0,90 \pm 0,03$	0,40	1	
P	C13	8	$0,99 \pm 0,03$	1,23	$0,99 \pm 0,03$	1,28	—
	A3	14	$1,04 \pm 0,04$	0,69	$1,04 \pm 0,04$	0,66	—
	M25	11	$0,93 \pm 0,03$	0,33	$0,93 \pm 0,03$	0,37	2
	C26	2	$1,01 \pm 0,07$	0,01	$1,02 \pm 0,07$	0,01	—
	C26	12	$1,03 \pm 0,03$	0,53	$1,03 \pm 0,03$	0,53	—
D	S9	5	—	0,64	—	0,30	—
R	L6	4	—	1,17	—	1,24	—
R'	L6	4	—	1,29	—	1,03	—
$C_{nn}$	/28/	2	—	0,46	—	0,24	—
	C26	15	—	0,52	—	0,44	1
$C_{ll}$	S92	15	—	0,67	—	0,65	—

чае, мы вынуждены привлекать дополнительные данные с близких энергий. При проведении фазового анализа вблизи энергий 760 МэВ были использованы параметры тройного рассеяния D, R, A, измеренные в Лос-Аламосе /87/ при энергии 796 МэВ.

В качестве исходных наборов фазовых сдвигов использовались 7 решений, полученные в работах /15-17,22/. В процессе фазового анализа нормы вводились только для данных по дифференциальным сечениям. Значения норм и количество исключенных точек приведены в табл.7.

Таблица 6

Фазовые сдвиги для pp-рассеяния при энергии 720 МэВ

Фазовый сдвиг	Решение А		Решение С	
	$\delta^\circ$	$\eta$	$\delta^\circ$	$\eta$
1S0	-35,56 ± 9,45	0,92 ± 0,24	-46,07 ± 13,93	0,66 ± 0,28
3P0	-35,08 ± 22,89	0,31 ± 0,44	-114,53 ± 25,79	0,52 ± 0,62
3P1	-54,21 ± 15,02	0,71 ± 0,21	-65,34 ± 16,64	0,51 ± 0,18
3P2	19,37 ± 6,13	1,00 ± 0,18	14,08 ± 3,10	0,97 ± 0,14
1D2	7,86 ± 2,60	0,68 ± 0,11	3,75 ± 3,22	0,75 ± 0,05
E2	2,87 ± 3,46	—	1,99 ± 3,98	—
3F2	-5,98 ± 2,58	0,83 ± 0,09	-8,73 ± 4,14	0,92 ± 0,10
3F3	0,86 ± 2,55	0,68 ± 0,08	1,28 ± 4,21	0,76 ± 0,05
3F4	4,68 ± 1,67	1,00 ± 0,04	6,82 ± 3,30	1,00 ± 0,06
1G4	5,74 ± 0,98	0,96 ± 0,06	5,91 ± 1,47	0,94 ± 0,04
E4	-3,15 ± 0,63	—	-3,93 ± 1,12	—
3H4	-1,29 ± 2,19	1,00 ± 0,12	-0,07 ± 2,76	0,98 ± 0,05
3H5	-2,82 ± 1,79	1,00 ± 0,09	-3,82 ± 1,91	0,96 ± 0,04
3H6	1,70 ± 0,59	0,98 ± 0,03	0,58 ± 2,27	1,00 ± 0,03
1I6	0,77 ± 0,69	—	1,27 ± 0,82	—
E6	-1,49 ± 0,48	—	-0,85 ± 0,62	—
3J6	0,59 ± 0,70	—	-0,36 ± 2,58	—
3J7	-1,43 ± 0,80	—	-1,57 ± 0,97	—
3J8	0,49 ± 0,29	—	0,53 ± 0,22	—

В результате фазового анализа были получены два решения А и С/см. табл.8/ со значением  $\chi^2$ , равным 113 и 103 соответственно, при  $\chi^2 = 137$ .

При проведении фазового анализа без использования результатов Грейна и Кролла<sup>/41/</sup> кроме решений типа А и С были получены еще два решения.

## 2.5. Фазовый анализ при энергии 800 МэВ

За последние четыре года группой из LAMPF был выполнен большой цикл работ<sup>/35-37/</sup> по измерению параметров нуклон-нуклонного рассеяния при энергии 796 МэВ. В результате этих исследо-

Таблица 7

Экспериментальные данные, использованные в фазовом анализе при энергии 760 МэВ

Наблюдаемая величина	Ссылка	Кол-во точек $N_p$	Решение А		Решение С		Кол-во искл. точек
			Норма	$\chi^2/N_p$	Норма	$\chi^2/N_p$	
$\delta_{tot}$	/27/	1	—	1,53	—	1,58	—
$\delta_{in}$	/27/	1	—	0,03	—	0,04	—
$\Delta\delta_T$	/40/	1	—	0,10	—	0,24	—
$\Delta\delta_L$	/27/	1	—	0,00	—	0,02	—
$\alpha$	/44/	1	—	3,70	—	1,74	—
REF2	/41/	1	—	2,98	—	1,97	—
REF3	/41/	1	—	0,14	—	0,10	—
$\frac{d\delta}{d\Omega}$	/38/	25	1,03 ± 0,01	0,88	1,04 ± 0,02	0,83	—
	W7	20	1,05 ± 0,03	1,07	1,04 ± 0,03	1,02	1
	V7	28	1,02 ± 0,03	0,74	1,03 ± 0,03	0,70	1
	A112	16	1,01 ± 0,03	0,62	1,00 ± 0,03	0,64	—
P	B1	17	—	0,52	—	0,37	—
	N5	5	—	0,24	—	0,23	—
D	/37/	10	—	0,13	—	0,23	—
R	/37/	12	—	0,43	—	0,23	—
A	/37/	12	—	0,22	—	0,20	—
$C_{nn}$	C26	15	—	0,67	—	0,68	1
	/28/	2	—	0,35	—	0,16	—

ваний было измерено дифференциальное сечение (W-27) и получены новые данные по поляризации  $C_{nn}$ , D, R, A. В настоящее время число известных наблюдаемых величин при энергии 800 МэВ составляет 11.

В качестве исходных наборов фазовых сдвигов использовались решения, полученные в работах<sup>/15,17/</sup>, и 4 решения, полученные в данной работе при энергии 760 МэВ /см. раздел 2.4/. При проведении фазового анализа производилась перенормировка данных по дифференциальным сечениям и поляризациям. Необходимость перенормировки данных по поляризации связана с тем, что данные эксперимента (C-26) лежат на 10% ниже /см. табл.9/ результатов более поздних измерений<sup>/35,36/</sup>.

В результате фазового анализа было получено одно решение типа А с  $\chi^2=187$  при  $\chi^2=172$  /см. табл.10/. Полученное решение

Таблица 8

Фазовые сдвиги для pp-рассеяния при энергии 760 МэВ

Фазовый сдвиг	Решение А		Решение С	
	$\delta^\circ$	$\eta$	$\delta^\circ$	$\eta$
1S0	-79,46 ± 24,10	0,57 ± 0,07	-94,62 ± 13,70	0,59 ± 0,07
3P0	-55,76 ± 21,31	0,49 ± 0,33	-126,54 ± 7,62	1,00 ± 0,21
3P1	-54,14 ± 13,03	0,65 ± 0,21	-107,80 ± 15,92	0,36 ± 0,09
3P2	17,33 ± 4,71	0,96 ± 0,12	10,87 ± 2,29	1,00 ± 0,06
1D2	3,27 ± 2,34	0,72 ± 0,01	5,88 ± 3,22	0,73 ± 0,02
E2	0,19 ± 1,80	—	2,87 ± 1,04	—
3F2	-8,13 ± 2,88	0,90 ± 0,06	-11,48 ± 2,75	0,89 ± 0,06
3F3	-3,47 ± 1,39	0,66 ± 0,03	0,31 ± 2,15	0,66 ± 0,02
3F4	6,51 ± 1,21	0,98 ± 0,04	2,01 ± 0,81	1,00 ± 0,03
1G4	3,20 ± 1,20	1,00 ± 0,01	1,67 ± 0,81	1,00 ± 0,01
E4	-1,05 ± 0,58	—	-0,31 ± 0,69	—
3H4	-0,38 ± 1,00	0,94 ± 0,03	-5,48 ± 0,94	0,96 ± 0,03
3H5	-1,20 ± 1,11	0,96 ± 0,02	-1,92 ± 1,12	0,95 ± 0,01
3H6	0,88 ± 0,64	1,00 ± 0,03	1,04 ± 0,53	0,98 ± 0,02
1I6	0,97 ± 0,60	—	0,44 ± 0,88	—
E6	-0,88 ± 0,42	—	-0,75 ± 0,51	—
3J6	0,02 ± 0,53	—	-1,54 ± 0,94	—
3J7	-0,95 ± 0,76	—	-1,11 ± 0,58	—
3J8	0,40 ± 0,23	—	0,83 ± 0,22	—

близко к решению Арндта и др.<sup>/17/</sup> при энергии 800 МэВ.

Использование в фазовом анализе расчетных значений реальных частей амплитуд под углом 0° не приводит к заметному изменению решения.

### 2.6. Фазовый анализ при энергии 950 МэВ

Фазовый анализ при энергии 950 МэВ проводился с использованием экспериментальных данных, заключенных в интервале 930 ÷ 970 МэВ. Дополнительно были включены результаты эксперимента по измерению параметра спиновой корреляции  $C_{pp}$ , выполненного при энергии 995 МэВ (S-92). В настоящее время в указанном

Таблица 9

Экспериментальные данные, использованные в фазовом анализе при энергии 800 МэВ

Наблюдаемая величина	Ссылка	Кол-во точек	Решение А		Кол-во искл. точек
			Норма	$\chi^2/N_p$	
$b_{tot}$	/27/	1	—	0,00	—
$b_{in}$	/27/	1	—	0,08	—
$\Delta b_T$	/39/	1	—	0,05	—
$\Delta b_L$	A164	1	—	0,00	—
$\alpha$	/44/	1	—	2,21	—
$\frac{db}{d\Omega}$	/38/	23	0,99 ± 0,02	0,68	—
	R9	14	0,92 ± 0,03	1,00	1
	A3	12	0,86 ± 0,03	0,56	1
	S21	3	1,07 ± 0,03	0,50	—
	W27	7	1,06 ± 0,03	1,34	—
P	/33/	11	1,00 ± 0,01	0,85	—
	/36/	13	1,00 ± 0,01	0,58	—
	A3	13	0,97 ± 0,03	0,82	—
	C26	26	1,09 ± 0,01	1,13	2
D	/37/	11	—	0,68	—
R	/37/	12	—	0,20	—
A	/37/	12	—	0,75	—
$C_{pp}$	/36/	14	—	1,17	—
	/32/	12	—	1,55	—
	/28/	2	—	0,71	—
$C_{ll}$	S92	14	—	1,46	—

энергетическом диапазоне известны результаты измерения 10 наблюдаемых величин, значительная часть которых ( $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ , P,  $C_{pp}$ , D, R, A) получена в экспериментах, выполненных на синхротроне ЛИЯФ /25, 28-31, 38/ в 1978-1981 гг. Список включенных в фазовый анализ данных приведен в табл.11.

Шесть исходных наборов фазовых сдвигов, использованных при проведении фазового анализа, были получены в работах /15-17, 25/. В результате фазового анализа получено четыре решения A, C, D и E со значениями  $\chi^2$ , равными 295, 274, 324 и 301 соответственно, при  $\chi^2=212$  /см. табл.12/. Решение A в пределах ошибок совпадает с исходным набором, полученным в работе /28/, а решения C, D и E близки к начальным наборам  $H_0$ , S и L2, которые были получены в работе /16/. Число и характер

решений не меняется при исключении из фазового анализа результатов Грейна и Кролла /41/. Величина  $\chi^2$  для всех полученных решений заметно превышает  $\chi^2$ , поэтому исключить какое-либо решение по  $\chi^2$ -критерию невозможно. Вклад отдельных экспериментов в  $\chi^2$  приведен в табл.11. Прежде всего следует отметить относительно низкое качество описания данных по дифференциальным сечениям. Основной вклад в  $\chi^2$  вносят эксперименты D-24, R-9, B-28. Угловая зависимость поляризации и параметра спиновой корреляции  $C_{pp}$  хорошо согласуются с результатами других экспериментов; перенормировка данных по поляризации уменьшает  $\chi^2$  для каждого из найденных решений несущественно. Значительный вклад в  $\chi^2$  вносят экспериментальные значения параметров D, R и A. Удовлетворительное описание угловой зависимости параметра  $\Delta/\chi^2$  на точку ~ 1/ можно получить, исключив точку A(90°), вклад которой в  $\chi^2$  близок к 9 для всех решений.

Заметное отличие угловых зависимостей параметров D, R и A, рассчитанных по фазовым сдвигам четырех наборов A, C, D и E, указывает, по-видимому, на недостаточную точность измерения этих параметров. Угловые зависимости параметров D и R близки



Таблица 10

Фазовые сдвиги для pp-рассеяния при энергии 800 МэВ

Фаз. сдвиг	Решение А		Фаз. сдвиг	Решение А	
	$\delta^\circ$	$\eta$		$\delta^\circ$	$\eta$
1S0	-55,20 ± 3,17	0,76 ± 0,07	Е4	-1,27 ± 0,54	—
3P0	-45,75 ± 3,50	0,83 ± 0,08	3Н4	1,23 ± 0,42	0,97 ± 0,02
3P1	-43,05 ± 1,61	1,00 ± 0,06	3Н5	-0,35 ± 0,59	0,91 ± 0,01
3P2	21,06 ± 1,21	0,72 ± 0,02	3Н6	1,79 ± 0,17	1,00 ± 0,01
1D2	4,19 ± 1,64	0,66 ± 0,01	1I6	0,80 ± 0,23	—
Е2	-0,16 ± 1,13	—	Е6	-0,89 ± 0,20	—
3F2	-4,67 ± 0,82	0,84 ± 0,02	3J6	0,70 ± 0,29	—
3F3	-6,19 ± 0,73	0,66 ± 0,02	3J7	-1,25 ± 0,26	—
3F4	6,76 ± 0,62	1,00 ± 0,02	3J8	0,69 ± 0,12	—
1G4	3,39 ± 0,60	0,97 ± 0,01	—	—	—

к зависимостям этих параметров при энергии 800 МэВ<sup>/37/</sup>, в то время как поведение параметра А при энергиях 800 и 970 МэВ значительно отличается в исследованном угловом диапазоне, что, возможно, указывает на сильную зависимость параметра А от энергии. Для установления энергетической зависимости параметров D, R и А и устранения статистической неоднозначности фазового анализа необходимо провести измерения этих параметров при энергии 950-970 МэВ с точностью 0,03-0,04.

### 3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ

В результате фазового анализа в диапазоне энергий 630 ÷ ÷950 МэВ были получены решения пяти типов А, В, С, D, Е. Выделить решения одного типа в рассматриваемом энергетическом интервале, используя статистические критерии, невозможно. Это обстоятельство существенно затрудняет интерпретацию полученных результатов. Тем не менее анализ энергетической зависимости фазовых сдвигов и применение критерия гладкости стабильных нулей амплитуд Барреле<sup>/42/</sup> позволяет отдать предпочтение решениям типа А, которые являются единственными при энергиях 630 и 800 МэВ и хорошо согласуются с решением Арндта и др.<sup>/17/</sup> при этих энергиях. Внутри интервала 630-800 МэВ решения типа А несколько отличаются от решения Арндта и др.<sup>/17/</sup>, что, по-видимому, связано с недостатком экспериментальных данных в ука-

занном интервале энергий и параметризацией энергетической зависимости фазовых сдвигов в фазовом анализе<sup>/17/</sup>.

Энергетическая зависимость парциальных амплитуд  $^1D_2$  и  $^3F_3$  подтверждает вывод о возможном существовании дипротонных резонансов в этих состояниях, сделанный в работах<sup>/15,43/</sup>. Диаграмма Аргана для  $^1D_2$  и  $^3F_3$  парциальных волн приведена на рисунке.

Таблица 11

Экспериментальные данные, использованные в фазовом анализе при энергии 950 МэВ

Наблюдаемая величина	Ссылка	Кол-во точек N <sub>p</sub>	Решение А		Решение D(S)		Кол-во искл. точек
			Норма	$\chi^2/N_p$	Норма	$\chi^2/N_p$	
$b_{tot}$	B26	1	—	0,04	—	0,00	—
$b_{in}$	B25	1	—	1,82	—	0,70	—
$\Delta b_T$	/39/	1	—	0,03	—	0,00	—
$\Delta b_L$	/27/	1	—	0,09	—	0,01	—
$\alpha$	/44/	1	—	3,46	—	2,19	—
REF2	/41/	1	—	0,03	—	0,25	—
REF3	/41/	1	—	1,16	—	0,07	—
$\frac{db}{d\Omega}$	/38/	23	1,03 ± 0,01	1,27	0,99 ± 0,02	1,20	—
	D24	8	1,11 ± 0,07	1,73	1,11 ± 0,07	1,55	—
	A3	14	1,00 ± 0,03	1,36	1,02 ± 0,03	1,41	—
	R9	9	1,00 ± 0,04	1,25	1,00 ± 0,04	1,62	—
	K70	24	0,95 ± 0,03	1,18	0,97 ± 0,03	1,03	—
	B28	9	1,15 ± 0,06	1,47	1,14 ± 0,06	1,50	—
	B25	25	1,04 ± 0,03	0,97	1,04 ± 0,03	0,91	—
P	/32/	13	—	1,09	—	1,09	—
	/29/	8	—	0,22	—	0,24	—
	/28/	10	—	0,60	—	0,71	—
	C26	7	—	1,44	—	1,13	—
	A3	16	—	1,22	—	1,24	—
D	/29/	10	—	1,55	—	0,78	—
R	/30/	10	—	2,26	—	2,15	—
A	/31/	10	—	1,67	—	1,56	—
C <sub>nn</sub>	/28/	12	—	1,03	—	0,82	—
	/32/	13	—	0,61	—	0,79	—
C <sub>ll</sub>	S92	15	—	1,03	—	1,03	—

Таблица 11 /продолжение/

Наблю- даемая величина	Ссылка	Кол-во точек N <sub>p</sub>	Решение E(L2)		Решение C(H <sub>0</sub> )		Кол-во искл. точек
			Норма	$\chi^2/N_p$	Норма	$\chi^2/N_p$	
$b_{tot}$	B26	1	—	0,08	—	0,00	—
$b_{in}$	B25	1	—	2,14	—	1,35	—
$\Delta b_T$	/39/	1	—	0,00	—	0,25	—
$\Delta b_L$	/27/	1	—	0,01	—	0,01	—
$\alpha$	/44/	1	—	2,75	—	3,99	—
REF2	/41/	1	—	0,22	—	0,00	—
REF3	/41/	1	—	0,62	—	0,01	—
$\frac{db}{da}$	/38/	23	1,01 ± 0,01	1,17	0,99 ± 0,01	1,12	—
	D24	8	1,11 ± 0,07	1,55	1,10 ± 0,07	1,44	—
	A3	14	1,02 ± 0,03	1,35	1,02 ± 0,03	1,31	—
	R9	9	1,00 ± 0,04	1,59	0,99 ± 0,04	1,84	—
	K70	24	0,98 ± 0,03	1,07	0,97 ± 0,03	1,18	—
	B28	9	1,15 ± 0,06	1,50	1,14 ± 0,06	1,45	—
B25	5	1,05 ± 0,03	0,94	1,03 ± 0,03	0,97	—	
P	/32/	13	—	1,00	—	1,06	—
	/29/	8	—	0,23	—	0,24	—
	/28/	10	—	0,68	—	0,79	—
	C26	7	—	1,19	—	1,07	—
A3	16	—	1,24	—	1,23	—	
D	/29/	10	—	1,26	—	2,31	—
R	/30/	10	—	3,91	—	2,22	—
A	/31/	10	—	1,96	—	3,63	—
C <sub>nn</sub>	/28/	12	—	0,74	—	1,00	—
	/32/	13	—	0,75	—	0,78	—
C <sub>ll</sub>	S92	15	—	1,04	—	1,50	—

Большие ошибки в определении фазовых сдвигов не позволяют сделать определенных заключений об энергетической зависимости  $\beta_{P_{0,1,2}}$  - парциальных амплитуд.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кратко формулируя результаты работы, необходимо отметить следующее:

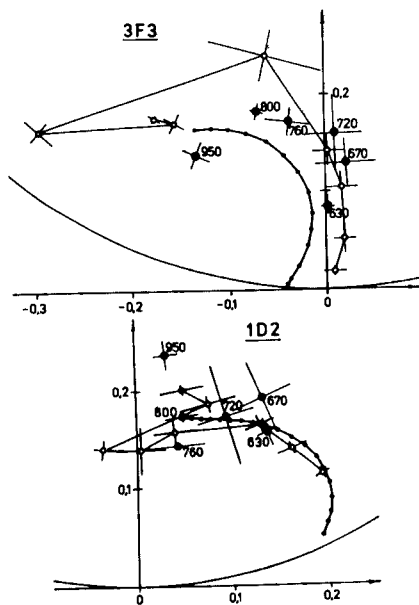
1. В результате фазового анализа с  $\rho_{max}=7$  в диапазоне энергий 630-950 МэВ получены решения пяти типов А, В, С, D, Е.

Таблица 12

Фазовые сдвиги для рр- рассеяния при энергии 950 МэВ

Фазовый сдвиг	Решение А		Решение D(S)	
	$\delta^\circ$	$\eta$	$\delta^\circ$	$\eta$
1S0	-33,75 ± 2,66	1,00 ± 0,14	-53,69 ± 6,68	0,63 ± 0,09
3P0	-68,39 ± 8,55	0,49 ± 0,12	21,77 ± 1,91	0,72 ± 0,05
3P1	-54,67 ± 2,74	0,91 ± 0,03	-35,27 ± 6,37	0,29 ± 0,06
3P2	14,39 ± 3,88	0,31 ± 0,03	44,24 ± 2,20	0,84 ± 0,05
1D2	3,35 ± 1,40	0,53 ± 0,03	10,92 ± 2,54	0,57 ± 0,03
E2	-4,16 ± 2,69	—	0,79 ± 0,78	—
3F2	-2,22 ± 1,41	1,00 ± 0,05	-8,36 ± 0,97	0,83 ± 0,02
3F3	-10,16 ± 1,22	0,77 ± 0,03	-5,43 ± 2,07	0,50 ± 0,01
3F4	8,66 ± 1,15	0,95 ± 0,03	0,16 ± 1,15	1,00 ± 0,06
1G4	4,83 ± 0,70	0,88 ± 0,02	3,41 ± 0,75	0,94 ± 0,02
E4	-3,58 ± 0,59	—	-1,23 ± 0,68	—
3H4	0,81 ± 0,70	0,96 ± 0,04	-5,11 ± 0,48	1,00 ± 0,01
3H5	-4,78 ± 0,83	0,94 ± 0,02	-3,03 ± 0,79	0,98 ± 0,02
3H6	2,55 ± 0,57	1,00 ± 0,02	-2,71 ± 0,55	1,00 ± 0,02
1I6	1,75 ± 0,32	—	0,38 ± 0,37	—
E6	-1,97 ± 0,37	—	0,13 ± 0,40	—
3J6	0,02 ± 0,45	—	-1,30 ± 0,17	—
3J7	-1,01 ± 0,58	—	-0,28 ± 0,49	—
3J8	0,38 ± 0,21	—	0,27 ± 0,32	—

Фазовый сдвиг	Решение E(L2)		Решение C(H <sub>0</sub> )	
	$\delta^\circ$	$\eta$	$\delta^\circ$	$\eta$
1S0	-15,52 ± 2,33	0,73 ± 0,12	-76,31 ± 15,28	0,41 ± 0,09
3P0	-18,39 ± 1,66	1,00 ± 0,08	-131,56 ± 4,59	0,96 ± 0,13
3P1	-26,66 ± 1,64	0,81 ± 0,05	-104,84 ± 6,70	0,54 ± 0,05
3P2	133,26 ± 1,91	0,64 ± 0,03	25,93 ± 1,47	0,70 ± 0,06
1D2	-15,16 ± 1,15	0,69 ± 0,04	11,61 ± 2,93	0,65 ± 0,03
E2	-1,00 ± 0,76	—	5,80 ± 1,61	—
3F2	-2,16 ± 0,94	0,85 ± 0,02	-10,32 ± 2,36	1,00 ± 0,05
3F3	-6,90 ± 1,28	0,55 ± 0,02	-7,98 ± 2,01	0,68 ± 0,02
3F4	13,60 ± 0,94	1,00 ± 0,04	1,13 ± 0,70	0,97 ± 0,02
1G4	7,49 ± 0,72	0,84 ± 0,02	1,75 ± 0,98	0,92 ± 0,02
E4	-4,13 ± 0,58	—	-0,12 ± 1,03	—
3H4	0,94 ± 0,44	0,94 ± 0,01	-4,38 ± 0,60	0,95 ± 0,02
3H5	-3,44 ± 0,76	1,00 ± 0,01	-4,21 ± 0,99	0,92 ± 0,02
3H6	5,75 ± 0,52	1,00 ± 0,01	-1,25 ± 0,48	1,00 ± 0,02
1I6	3,08 ± 0,40	—	-0,57 ± 0,65	—
E6	-1,13 ± 0,47	—	-1,96 ± 0,56	—
3J6	1,21 ± 0,24	—	-1,59 ± 0,42	—
3J7	-2,37 ± 0,51	—	-0,98 ± 0,61	—
3J8	-0,84 ± 0,36	—	-0,12 ± 0,19	—



Диаграммы Аргана для  ${}^1D_2$  и  ${}^3F_3$  парциальных амплитуд упругого  $pp$ -рассеяния:  $\bullet$ — $\bullet$ — решение Арндта и др.<sup>/17/</sup>,  $\circ$ — $\circ$ — решение Хошизаки<sup>/15/</sup>,  $\bullet$  — данная работа.

2. При энергиях  $630 \pm 20$  и  $800 \pm 12$  получено единственное решение типа А.

3. Анализ энергетической зависимости фазовых сдвигов и применение критерия гладкости стабильных нулей амплитуд Барреле<sup>/42/</sup> позволяет отбросить решение В, С, D, Е.

4. Использование в фазовом анализе расчетных значений реальных частей амплитуд под углом  $0^\circ$  заметно ограничивает число полученных решений при энергиях  $670 \pm 20$ ,  $720 \pm 15$  и  $760 \pm 25$  МэВ.

5. Наблюдается резонансоподобное поведение парциальных амплитуд  ${}^1D_2$  и  ${}^3F_3$  для решений типа А. Значительные ошибки в определении  ${}^3F_{0,1,2}$  фазовых сдвигов не позволяют сделать определенных заключений о возможном существовании дипротонного резонанса в одном из этих состояний.

6. Качество описания данных при энергии 950 МэВ заметно хуже, чем при 630 и 800 МэВ. Значительный вклад в  $\chi^2$  вносят экспериментальные данные по измерению  $R$  и  $A$ . Параметры  $D$ ,  $R$  и  $A$  при энергии 950 МэВ измерены с недостаточной точностью.

7. Для установления энергетической зависимости параметров  $D$ ,  $R$  и  $A$  и устранения существующей неоднозначности фазового анализа необходимо провести измерения этих параметров при энергиях 670–760 МэВ и 850–1000 МэВ с точностью на уровне  $0,03$ – $0,04$ .

Авторы благодарны О.Г.Гребенюку за определение нулей амплитуд Барреле, соответствующих найденным решениям, профессорам Л.И.Лapidусу и Н.Хошизаки за полезные обсуждения. Мы признательны докторам Д.Лесикару и М.Мак-Нотону за сообщение новых экспериментальных данных.

## ЛИТЕРАТУРА

- Jaffe R.L. Phys.Rev.Lett., 1977, 38, p. 195.
- Mulders P. et al. Phys.Rev.Lett., 1978, 40, p. 1543; Aerts A. et al. Phys.Rev., 1978, D17, p. 260.
- Imachi M. et al. Progr.Theor.Phys., 1977, 57, p. 517.
- Idea T. Phys.Lett., 1978, 74B, p. 123.
- Auer I.P. et al. Phys.Lett., 1977, 67B, p. 113; Phys.Lett., 1977, 70B, p. 475.
- De Boer W. et al. Phys.Rev.Lett., 1975, 34, p. 558; Biegert E.K. et al. Phys.Lett., 1978, 73B, p. 235.
- Auer I.P. et al. Phys.Rev.Lett., 1978, 41, p. 1436.
- Yokosawa A. Phys.Reports, 1980, 64, p. 47.
- Kamae T. et al. Phys.Rev.Lett., 1977, 38, p. 468.
- Kanai K. et al. Progr.Theor.Phys., 1979, 62, p. 152.
- Minami S. Phys.Lett., 1978, 74B, p. 120; Phys.Rev., 1978, D18, p. 3273.
- Kloet W.M., Silbar R.R. Nucl.Phys., 1980, A338, p. 281; Silbar R.R., Kloet W.M. Nucl.Phys., 1980, A338, p. 317.
- Hollas C.L. Phys.Rev.Lett., 1980, 44, p. 1186.
- Bugg D.V. Nucl.Phys., 1980, A335, p. 171.
- Hoshizaki N. Progr.Theor.Phys., 1978, 60, p. 1796; 1979, 61, p. 129.
- Bystricky J. et al. DPHE 79-01, CEN Saclay, 1979; DPHE 81-05, CEN Saclay, 1981.
- Arndt R.A., Verwest B.J. Texas A&M University, DOE/ER/05223-29, College Station, TX, 1980.
- Kanada H. et al. In: Proc. 2 Meeting on Exotic Resonances, Hiroshima, Japan, p. 20.
- Джгаркава М.И. и др. ОИЯИ, 1-81-225, Дубна, 1981.
- Казаринов Ю.М., Силин И.Н. ЖЭТФ, 1962, 43, с. 692.
- Furuichi S. et al. Nuovo Cim., 1976, 34A, No.3, p. 467.
- Cozzika G. CEA-N-1720, CEN Saclay, 1974.
- Глonti Л.Н. и др. ОИЯИ, P1-6339, Дубна, 1972.
- Зулькарнеев Р.Я. и др. ОИЯИ, P1-7522, Дубна, 1973.
- Борисов Н.С. и др. Письма в ЖЭТФ, 1981, 34, 3, с. 137.
- Джгаркава М.И. и др. ОИЯИ, 1-81-226, Дубна, 1981.
- Bystricky J., Lehar F. ISSN-0344-8401, Nucleon-Nucleon Scattering Data, Physics Data, Nr.11-1. Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik, Karlsruhe, 1978.
- Borisov N.S. et al. LNP-581, Leningrad, 1980.
- Вовченко В.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1978, 29, с. 95.
- Вовченко В.Г. и др. Письма в ЛИЯФ, №603, Л., 1980.
- Вовченко В.Г. и др. Препринт ЛИЯФ, №517, Л., 1979.
- Bell D.A. et al. Phys.Lett., 1980, 94B, No.3, p. 310.

33. McNaughton M.W. et al. LAMPF, LA-UR-81-3122, Los Alamos, 1981.
34. McNaughton M.W. In: Proc.Int.Symp. on Polarization Phenomena in Nuclear Physics, Santa Fe, USA, 1980, p. 149.
35. Bevington P.R. et al. Phys.Rev.Lett., 1978, 41, p. 384.
36. McNaughton M.W. et al. Phys.Rev., 1981, 23C, No.1, p. 838.
37. McNaughton M.W. et al. LAMPF, LA-UR-3121, Los Alamos, 1981.
38. Андреев В.А. и др. Препринт ЛИЯФ, №656, Л., 1981.
39. Lesikar J.D. Phesis, Rice Univ., Houston, 1981.
40. Bystricky et al. In: Proc. 9 Int.Conf. on High Energy Phys. and Nucl.Structure, Versailles, France, 1981.
41. Grein W., Kroll P. Nucl.Phys., 1978, B137, p. 173.
42. Гребенюк О.Г., Шкляревский Г.М. Препринт ЛИЯФ, №567, Л., 1980.
43. Bhandari R. et al. Phys.Rev.Lett., 1981, 46, p. 1111.
44. Величко Г.Н. и др. Препринт ЛИЯФ, №655, Л., 1981.
45. Auer I.P. et al. Phys.Rev., 1981, D24, No.7, p. 2008.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 марта 1982 года.

Вовченко В.Г. Фазовый анализ данных по pp- P1-82-223  
рассеянию в энергетическом интервале 630-950 МэВ

Выполнен фазовый анализ данных по pp-рассеянию в диапазоне 630-950 МэВ при энергиях 630+20 МэВ, 670+20 МэВ, 720+15 МэВ, 760+25 МэВ, 800+12 МэВ, 950+20 МэВ. Фазовый анализ проводился с  $\ell_{\max} = 7$ . Получены единственные решения при энергиях 630 и 800 МэВ, близкие к решению Ардта и др. /1980 г./ . Фазовый анализ при энергиях 670, 720, 760 и 950 МэВ неоднозначен. Анализ энергетической зависимости фазовых сдвигов позволяет выделить наиболее вероятное решение, существующее во всем изученном диапазоне энергий. Энергетическая зависимость парциальных амплитуд для полученного решения указывает на возможное существование дипротонных резонансов в состояниях  $^1D_2$  и  $^3F_3$ .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Vovchenko V.G. et al. Phase Shift Analysis of P1-82-223  
pp -Scattering in the 630-950 MeV Energy Range

Phase shift analysis of the pp-scattering data is performed in the 630-950 MeV energy range at 630+20, 670+20, 720+15, 760+25, 800+12, 950+20 MeV with  $\ell_{\max} = 7$ . Single solutions have been obtained at 630 and 800 MeV energies. Phase shift analysis at 670, 720, 760 and 950 MeV is ambiguous. The analysis of energy behaviour of phase shift permits one to choose more probable solution existing over all the energy range investigated. The energy dependence of partial wave amplitudes corresponding to this solution indicates possible existence of diproton resonances in  $^1D_2$  and  $^3F_3$  states.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982