

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗУ6.26

3-937

864/2-74

4/11/74

P1 - 7522

Р.Я.Зулькарнеев, Х.Муртазаев, В.И.Сатаров

ОДНОЗНАЧНЫЙ ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ

РР-РАССЕЯНИЯ ПРИ ЭНЕРГИИ 630 МЭВ

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

P1 - 7522

Р.Я.Зулькарнеев, Х.Муртазаев, В.И.Сатаров

ОДНОЗНАЧНЫЙ ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ
РР-РАССЕЯНИЯ ПРИ ЭНЕРГИИ 630 МЭВ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Объём исследований по упругому рр-рассеянию в области энергий 600-660 Мэв в настоящее время таков, что целесообразно сгруппировать опытные данные в узкой энергетической области (например, 630-640 или 595-605 Мэв) и провести новый фазовый анализ (ф.а.) или новые уточнения фазовых сдвигов (ф.с.). В отличие от ранее проведенных анализов /1-4/ при фиксированной энергии результаты предлагаемых исследований будут в максимальной степени свободны от неопределенностей, связанных с энергетическими зависимостями искомым и анализируемых величин в области 600-660 Мэв. Анализ этого типа будет обладать также некоторым преимуществом перед энергетически зависимым анализом Мак-Грегора и др. /5/.

Ниже мы приводим результаты такого уточнения ф.с. рр-рассеяния, относящегося к интервалу энергий 630-640 Мэв и основанного на новых данных по дифференциальным сечениям $d\sigma/d\Omega$ в области малых углов рассеяния при $E_{кин} = 630$ Мэв /6/.

Уточнения проводились с использованием материала, приведенного в табл. 1. Условия анализа и уточнявшиеся решения видны из табл. 2. Использовалась параметризация работ /7/. Расчеты, выполненные в этих условиях, показали, что все исследованные нами решения переходят в один и тот же фазовый набор с низким значением отношения χ^2/χ^2_{min} , равным 0,85-1,02 для $\ell_{max} = 4 \div 6$. Величины ф.с., найденные в результате наших уточнений *, приведены в табл. 3 и символически названы фазовым набором - 72 (ф.н.- 72).

Этот набор в среднем статистически хорошо описывает проанализированный нами опытный материал. Однако экспериментальный ход сечения в районе $\chi_{сц} = 6^\circ \pm 12^\circ$ систематически лежит приблизительно на 2 ошибки ниже, чем предсказываемый по ф.н.-72 (рис.1).

*) Набор фн-72 впервые был выделен в нашем предварительном сообщении /6/.

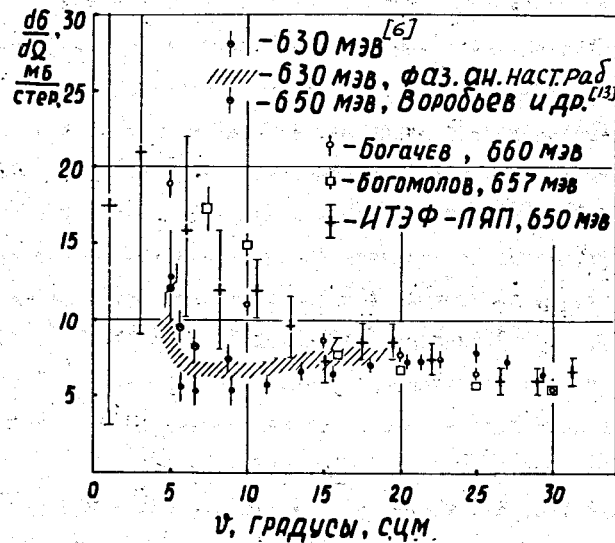


Рис.1. Сравнение угловой зависимости $d\sigma/d\Omega$ в области углов $5^\circ - 30^\circ$ с.с.м. с предсказаниями ф.н.-72.

Одной из возможных причин этого расхождения может быть наличие неучтенных систематических ошибок в анализируемом опытном материале, например, в σ_{tot} , $d\sigma/d\Omega$, и т.д. Можно полагать, что учет релятивистских эффектов в кулоновском рассеянии или состоянии с более высокими орбитальными моментами поможет улучшить согласие с опытом в области малых углов рассеяния. Ранее аналогичные замечания в связи с обсуждением других вопросов высказывались Л.Алгиреем⁸ и Л.Липидусом⁹.

Предсказания, сделанные на основе ф.н.-72 для некоторых параметров pp-рассеяния при соседних энергиях, также указывают на хорошее количественное согласие с ними. В частности, наши предсказания для параметра $\alpha_{pp}(\psi)$ на углах $2^\circ - 21^\circ$ с.с.м. хорошо совпадают с экспериментальными данными М.Мецеракова и др.¹⁰ при энергии 667 Мэв (см.табл.4). Это обстоятельство заслуживает быть отмеченным особо, так как до сих пор результаты¹⁰ по $\alpha_{pp}(2^\circ - 21^\circ)$ не удавалось удовлетворительным образом описать или объяснить на основе других решений ф.а. (см.обсуждение этого вопроса в⁸).

Другой важной особенностью ф.н. - 72 является тот факт, что он способен вместе с ф.с. состояний с $T=0$ статистически удовлетворительно ($\chi^2 = 198$ при $\chi^2 = 191$) воспроизвести всю совокупность данных по pp- и пр-рассеяниям в области энергий 600 - 630 Мэв. Это заключение основано на результатах анализа pp- и пр-рассеяний, выполненного С.Биленькой и др.¹¹.

Единственность нашего анализа, по-видимому, связана с поведением угловой зависимости $d\sigma/d\Omega$ в районе кулон-ядерной интерференции. При учете того, что значения $d\sigma/d\Omega$ влияют на однозначность анализа, были выполнены дополнительные уточнения при $E=630$ Мэв для того, чтобы проверить устойчивость

результатов по отношению к небольшим систематическим вариациям сечений на малых углах рассеяния. Новые уточнения проводились на основе перенормированных в работе^{/12/} результатов Воробьева и др.^{/13/}. Результат повторного анализа показал, что единственность ф.с. сохраняется, а величины ф.с. при такой процедуре практически не изменяются.

Несмотря на то обстоятельство, что погрешности мнимых частей фазовых сдвигов все еще велики и достигают (50+100)%, средние значения ф.с. заметно зависят от предположений относительно вклада того или иного состояния в мезообразование.

Так, например, при фиксировании

$$\delta^{Im}(^3P_0) = \delta^{Im}(^3P_1) = 1^\circ \div 3^\circ$$

единственность анализа и величина отношения $\chi^2/\bar{\chi}^2$ сохраняются, но ф.с. основных состояний изменяются на 1-3 стандартных ошибки.

С другой стороны, дополнительный учёт мезообразования в состояниях с $\ell=5$, произведенный путём варьирования $\delta^{Im}(^3H_4, ^3H_5 \text{ и } ^3H_6)$, показал, что значения ф.с. меняются незначительно. Ошибки у ф.с., естественно, слегка возрастают.

На основании описанных выше результатов можно заключить, что в настоящее время имеется лишь один набор ф.с., в среднем статистически хорошо описывающий всю совокупность экспериментов по упругому pp-рассеянию в районе энергии 630-640 Мэв.

Предполагая и равную зависимость от энергии для ф.с. и учитывая результаты настоящего анализа, фазовый набор типа I, полученный ранее в работе^{/14/} для pp-рассеяния с энергией 600 Мэв, можно исключить из дальнейшего рассмотрения. Таким

образом, при энергиях выше порога рождения пионов в pp-соударениях ф.с. pp-рассеяния однозначно находятся при энергиях 310^{/5/}, 435^{/15/}, 600 и 630 Мэв. Энергетическая зависимость этих ф.с. для основных состояний pp-системы иллюстрируется рис.2, 3.

Представляется интересным сопоставить полученные нами значения ф.с. с результатами теоретических расчетов. При описании NN-взаимодействий широко применяются полуфеноменологические теории, основанные на введении однобозонного обмена^{/16/}. На основе такого представления уже удалось удовлетворительным способом описать данные по упругому взаимодействию нуклонов в области 100-310 Мэв^{/16/}. Установлена необходимость учёта обменов π -, ρ -, ω -, η -, φ -, эффективным σ -мезоном, а в ряде случаев f - и ϵ -мезонами. Для энергий 400-700 Мэв имеются расчеты Найрхольца^{/17/}, Брайана^{/18/} и многих других^{/16/} (см. рис.2, 3). Результат авторов^{/16/} численно мало отличается от результатов, например, Найрхольца^{/17/}, и по этой причине на рис.2,3 приведены лишь данные работы^{/17/}. Сопоставление показывает, что количественного совпадения теории с опытом нет практически по всем ф.с. основных состояний pp-системы^{*}. Однако качественно pp-рассеяние за порогом рождения пионов (500-700 Мэв) может быть хорошо воспроизведено при учете обмена теми же бозонами, которые вводятся для описания в допороговой области энергий.

* Недавно Грин и Хаапковский предложили для 1S_0 -состояния вариант потенциала, учитывающего эффект Δ (I236). Согласно с данными опыта найдено хорошим вплоть до энергии ≈ 630 Мэв^{/19/}.

Рис.2. Энергетическая зависимость ф.с. pp-рассеяния в состояниях $^1S_0, ^1D_2$.

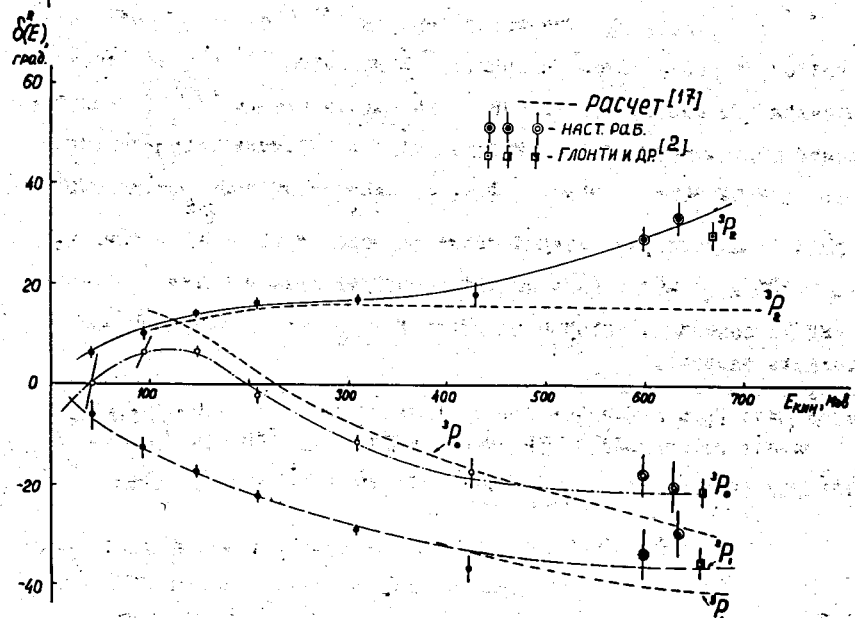
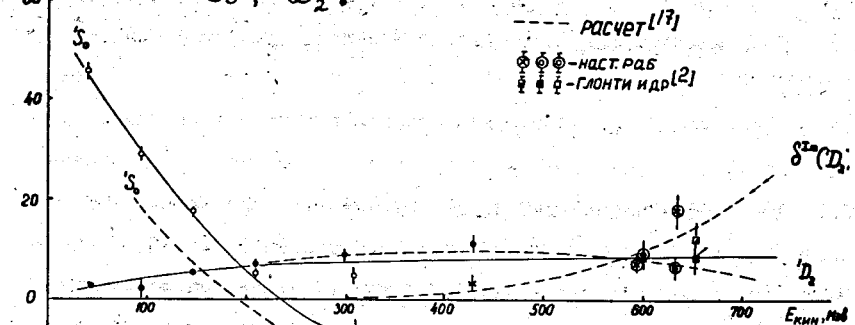


Рис.3. Энергетическая зависимость ф.с. pp-рассеяния в состояниях $^3P_{0,1,2}$.

Дальнейшие исследования проблемы N/N -взаимодействий в теоретическом и экспериментальном планах были бы целесообразными для понимания динамики взаимодействия адронов между собой.

Таблица I. Сводка опытных данных в интервале 630-640 Мэв

Энергия, Мэв	Величина	Область иссл. углов, град, с.ц.м.	Число точек	Относит. системат. погрешность	Ссылки
630	σ_{tot}	-	1	-	/20/
632	$d\sigma/d\Omega$	5-30	14	15%	/6/
630	$d\sigma/d\Omega$	30-90	12	4%	/21/
635	$Q(\vartheta)$	27-90	23	3%	/22/
635	$Q(\vartheta)$	12-90	13*	-	/10/
635	$D_{nn}(\vartheta)$	27-120	9	3%	/22/
635	$D_{nn}(\vartheta)$	54-126	5*	-	/10/
635	$R(\vartheta)$	54-126	5	-	/10/
640	$C_{nn}(\vartheta)$	54-90	3	-	/10/
630	$C_{nn}(\vartheta)$	54-90	13	6%	интерполяция данных /23/
	$C_{kp}(\vartheta)$	90	1	-	/10/

ПРИМЕЧАНИЕ: Значения, отмеченные звездочкой, в анализе нами не использовались.

Таблица 2. Исходные посылки анализа

Энергия, МэВ	l_{max}	Число степеней свободы	Число экс. точек	Состояния, для которых учтено мезообразование.
630	4	17	87	${}^3P_{0,1,2}$; 1D_2 ; ${}^3F_{2,3,4}$; ${}^3H_{4,5,6}$
	5	21		
	6	22		
Уточнявшиеся решения	A, B, C	2, 4, 5		B и III
Ссылки	111	151		111, 21

Таблица 3. Значения фазовых сдвигов

Состояния	фазовые сдвиги, δ^{Re} , град.			
	$l_{max} = 4$	$l_{max} = 5$	$l_{max} = 6$	$l_{max} = 5$
$\chi^2/\bar{\chi}^2$	0.97	0.85	1.02	0.99
S^2	0.01 ± 0.02	0.05 ± 0.08	0.08, фикс.	0.08, фикс.
1S_0	-25 ± 4	-25 ± 11	-23 ± 12	-27 ± 5
3P_0	-20 ± 5	-20 ± 9	-19 ± 9	-22 ± 6
3P_1	-25 ± 5	-29 ± 9	-28 ± 6	-30 ± 5
3P_2	37 ± 3	32 ± 7	$+33 \pm 8$	32 ± 2
1D_2	3 ± 4	6 ± 7	7 ± 7	5 ± 4
E_2	1 ± 2	1 ± 4	1 ± 5	2 ± 3
3F_3	-4 ± 1	-3 ± 2	-3 ± 2	-3 ± 1
3F_4	5 ± 1	4 ± 4	4 ± 3	4 ± 3
3F_5	6 ± 1	8 ± 2	7 ± 2	7 ± 1
1G_4	5 ± 1	4 ± 3	3 ± 4	4 ± 2
E_4	-	0 ± 2	-1 ± 2	0 ± 1
3H_4	-	-2 ± 1	-2 ± 1	-2 ± 1
3H_5	-	-1 ± 2	-1 ± 1	-1 ± 1
3H_6	-	-1 ± 2	-1 ± 1	-1 ± 1
I	2	3	4	5

Таблица 3 (продолжение)

Мнимые части ф.с. δ^{Im} , град.				
1	2	3	4	5
3P_0	-	-	0 ± 12	0 ± 8
3P_1	-	4 ± 9	5 ± 12	5 ± 3
3P_2	4 ± 2	0 ± 6	0 ± 8	0 ± 4
1D_2	21 ± 4	18 ± 8	17 ± 6	17 ± 6
3F_2	1 ± 2	2 ± 2	2 ± 2	3 ± 2
3F_3	1 ± 1	1 ± 2	1 ± 2	1 ± 2
3F_4	2 ± 2	1 ± 3	1 ± 3	1 ± 2
3H_4	-	0 ± 1	-	0 ± 1
3H_5	-	$0,5 \pm 2$	-	$0,5 \pm 2$
3H_6	-	$0,6 \pm 2$	-	$0,6 \pm 1$

Таблица 4. Предсказания ф.н.-72 для параметров $P(\vartheta)$, $C_{KP}(\vartheta)$ и $R(\vartheta)$ при $E=630$ Мэв

ϑ_{cu}°	4,35	4,88	7,25	10,43	12,	
$P_{\pm \Delta P}$	$0,067 \pm 0,039$	$0,097 \pm 0,045$	$0,175 \pm 0,047$	$0,251 \pm 0,042$	$0,288 \pm 0$	
ϑ_{cu}°	16,27	21,8	-	-	-	
$P_{\pm \Delta P}$	$0,350 \pm 0,032$	$0,417 \pm 0,026$	-	-	-	
ϑ_{cu}°	10	20	30	40	60	80
$C_{KP}^{\pm \Delta C_{KP}}$	$0,03 \pm 0,15$	$0,14 \pm 0,20$	$0,21 \pm 0,20$	$0,24 \pm 0,17$	$0,26 \pm 0,14$	$0,26 \pm 0,14$
ϑ_{cu}°	15	25	45	60	79	
$R'_{\pm \Delta R'}$	$0,29 \pm 0,18$	$0,32 \pm 0,19$	$-0,19 \pm 0,16$	$-0,51 \pm 0,10$	$-0,35 \pm 0,06$	
ϑ_{cu}°	90	110	118	140	-	
$R'_{\pm \Delta R'}$	$-0,26 \pm 0,05$	$-0,22 \pm 0,06$	$-0,19 \pm 0,07$	$-0,00 \pm 0,24$	-	

ЛИТЕРАТУРА

1. Р.Я.Зулькарнеев, В.С.Надеждин, В.И.Сатаров и др. Ядерн. физ., 6, 995 (1967); II, 178 (1970); В.Г.Вовченко, Р.Я.Зулькарнеев, В.С.Киселев. ЖЭТФ, 58, 825 (1970).
2. Л.Н.Глонти, Казаринов Д.М., В.С.Киселев. Сообщения ОИЯИ, PI-6339, Дубна, 1972; Ядерн. физ., 7, 1060 (1968).
3. Л.С.Ажгирей, Д.П.Кумекин, Н.П.Клепиков и др. ЖЭТФ, 46, 1074 (1964); Ядерн. физ., 2, 982 (1965).
4. V.Nama, N.Hoshizaki. Progr.Theor.Phys., 31, 609 (1964).
5. M.MacGregor, R.Arndt, R.Wright. Phys. Rev., 169, 1149 (1968).
6. И.В.Амирханов, В.М.Быстрицкий, Л.С.Вертоградов и др. Сообщения ОИЯИ, PI-6558; Ядерн. физ., 17, 1222 (1973).
7. R.Zul'karneev, I.Silin. Phys.Lett., 3, 265 (1963).
8. Л.С.Ажгирей, Н.П.Клепиков. Ядерн. физ., 4, 1248 (1966).
9. Б.З.Копелиович, Л.И.Лепидус. Препринт ОИЯИ, P2-7234, Дубна, 1973.
10. Л.С.Ажгирей, Д.П.Кумекин, М.Г.Мещеряков. Phys.Lett., 18, 203 (1965).
11. С.И.Биленькая, Л.Н.Глонти, Д.М.Казаринов и др. ЖЭТФ, 59, 1049 (1970).
12. И.В.Амирханов, Р.Я.Зулькарнеев, Х. Муртазаев и др. V Int. Conf. on High Energy Phys. and Nucl. Structure. Uppsala, 1973
13. А. Воробьев, А.А.Денисов, Д.Залите и др. Препринт ФТИ АН СССР, № 430, 1972.
14. Р.Я.Зулькарнеев, Б.М.Головин, В.С.Киселев и др. Ядерн. физ., 5, 146 (1967).
15. Л.С.Ажгирей. Ядерн. физ., I, 867 (1965).
16. S.Ogawa, S.Sawada, T.Ueda et al. Prog.Theor.Phys.Suppl., No. 39, 140 (1970).
17. G.Shierholz. Nucl.Phys., 40B, 335-348 (1972).
18. R.Bryan, A.Gershten. Phys.Rev.Lett., 26, 1000 (1971).
19. A.Green, P.Nappkoski. Proc. V Int. Conf. on High Energy Phys., Uppsala, 1973.
20. В.П.Джелепов, В.И.Москалев, С.В.Медведь. ДАН СССР, 104, 380 (1965).

21. R.Ryan, A.Kanofsky, T.Devlin et al. Phys.Rev., 3D, 1, 1971.
22. Р.Я.Зулькарнеев, В.С.Надеждин, В.И.Сатаров. Ядерн. физ., 6, 995 (1967); II, 178 (1970).
23. G.Caignet, D.Gronenberger, V.Kuroda et al. Nuovo Cim., 48A, 709 (1966); Cozzika et al. Phys.Rev., 164, 1672 (1967); H.Dost, J.Arens, F.Bertz et al. Phys.Rev., 153, 1394 (1967).

Рукопись поступила в издательский отдел
26 октября 1973 года.