

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЯ

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P1-5737



Л.Н. Г лонти , Ю.М. Казаринов,
А.М. Розанова, И.Н. Силин

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ РР-РАССЕЯНИЯ
ПРИ ЭНЕРГИИ 1 ГЭВ

1971

P1-5737

Л.Н. Глonti*, Ю.М. Казаринов,
А.М. Розанова, И.Н. Силин

**ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ РР-РАССЕЯНИЯ
ПРИ ЭНЕРГИИ 1 ГЭВ**

**Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ**

* Тбилисский государственный университет

Верхняя граница области однозначного определения амплитуды нуклон-нуклонного рассеяния находится в настоящее время в области энергии 400 Мэв^{1,2/}. При более высоких энергиях однозначный результат фазового анализа получен при 630 Мэв^{3/}. Этот результат, однако, в известной степени зависит от тех предположений, которые были сделаны относительно процессов мезонообразования при проведении фазового анализа. В связи с этим можно думать, что вопрос об однозначности определения амплитуды упругого рассеяния нуклонов нуклонами при энергии 635 Мэв требует дополнительных исследований.

Фазовый анализ pp -данных, полученных при энергиях, близких к 1 Гэв, ранее был проведен в работе^{4/}. Авторы этой работы, однако, использовали не все известные данные и недостаток экспериментального материала компенсировали результатами, полученными с использованием модели однобозонного обмена. В^{4/} не изучен полностью также вопрос об однозначности полученного результата анализа.

Фазовый анализ, результаты которого приведены ниже, выполнен с целью получения сведений, необходимых для планирования экспериментов по исследованию упругого pp -рассеяния при энергии 1 Гэв.

Постановка задачи

При проведении фазового анализа были сделаны следующие предположения:

1. Одномезонное приближение справедливо для описания pp -взаимодействия при энергии 1 Гэв в состояниях с орбитальным моментом $l > 6$.
2. Мезообразование идет, в основном, из начальных ${}^3P_{0,1,2}$ и ${}^3F_{2,3,4}$ - состояний.
3. Можно пренебречь энергетической зависимостью использованных экспериментальных данных и в пределах ошибок отнести их к энергии 1 Гэв (см. табл. 1).

Оценка границы применимости одномезонного приближения получена на основании результатов фазового анализа при энергии 630 Мэв^{13/} с учётом изменения прицельного параметра при переходе к энергии 1 Гэв.

Основанием для предположения относительно характера процессов мезообразования послужило то обстоятельство, что угловые распределения π -мезонов, образующихся в pp -столкновениях при энергии 1 Гэв, так же, как и при энергиях 650-660 Мэв, не содержат членов более высоких, чем $\cos^4 \theta$ (θ - угол вылета π -мезона). В то же время известно, что для удовлетворительного описания эксперимента при фазовом анализе 630 Мэв достаточно учесть комплексность фаз только в состояниях 1D_2 и ${}^3F_{2,3,4}$.

Использованные при проведении фазового анализа экспериментальные данные приведены в таблице 2. Для того чтобы исключить возможные систематические ошибки в результатах, полученных различными авторами, данные были подвергнуты предварительной обработке. При этом дифференциальные сечения упругого pp -рассеяния, измеренные в^{16-9/}, перенормированы на полное сечение упругого рассеяния $\sigma_{\text{упр}}^{\text{полн}} = 24,8 \pm 0,9/15/$. Нормировочные коэффициенты приведены в третьем столбце таблицы 2. Для получения исправленных значений дифференциальных сечений величины $d\sigma/d\Omega$, указанные в перечисленных работах (табл.1), необходимо разделить на соответствующие нормы. Полные сечения взаимодействия, измеренные в работах^{12/} и ^{13/} при энергиях 1,03 и 1,075 Гэв, были усреднены. В результаты измерений поляризации^{12/} квадратично добавлена ошибка в изме-

рении поляризации первичного пучка ($\approx 5\%$). Данные по дифференциальным сечениям и поляризации для углов $\theta > 90^\circ$ были приведены к интервалу $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ по известным соотношениям.

Легко подсчитать, что данные таблицы 2 дают возможность определить $3l_{\text{max}} + 1$ свободных параметров ($\sigma_{\text{tot}} + 1$; $\frac{d\sigma}{d\Omega} - l_{\text{max}} + 1$; $P(\theta) + l_{\text{max}} - 1$; $C_{nn} + l_{\text{max}} + 1$; $\sigma_{\text{полн}}^{\text{неупр}} + 1$ (или 21 параметр при $l_{\text{max}} = 6$). Число фазовых сдвигов, подлежащих определению при $l_{\text{max}} = 6$, если учитывать мезообразование из P , D и F -состояний, равно 22. Недостающие уравнения дает одномезонное приближение, использованное для описания pp -взаимодействия в состояниях с высокими орбитальными моментами, и задача, по-видимому, решается. Однако при этом число решений будет заведомо велико ($\approx 2^m$, где m - искомое число параметров^{15/}). Для того чтобы получить некоторое переопределение, что необходимо в нелинейных задачах, которые решаются методом максимума правдоподобия, в экспериментальные данные были добавлены четыре точки, полученные экстраполяцией энергетической зависимости коэффициента деполаризации D_{pp} , измеренного в области более низких энергий (400-630 Мэв). Ошибки экстраполированных значений были при этом взяты такими, чтобы этот параметр был положительно определен с вероятностью 0,99.

Решения находились из условия минимума функционала

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n [F_{\text{exp}} - F(\delta)]^2 \cdot w_i,$$

где F_{exp} - значения, полученное в эксперименте, $F(\delta)$ - расчётное значение измеренной величины, w_i - вес, n - полное число экспериментальных точек, использованных для проведения фазового анализа. Процедура поиска решений подробно описана ранее в^{19/}.

Результаты

Попытка найти решение со случайных начальных значений и таким образом проверить однозначность решения задачи не увенчалась успехом. Оказалось, что ошибки найденных при этом параметров настолько вели-

Литература

1. M.H. MacGregor, R.A. Arndt, R.M. Wright. *Phys.Rev.*, 173, 1272 (1968).
2. Z. Janout, Yu.M. Kazarinov, F. Lehar, A.M. Rozanova. *Nucl.Phys.*, A127, 449 (1969).
3. С.И. Биленькая, Л.Н. Глonti, Ю.М. Казаринов, В.С. Киселев. *ЖЭТФ*, 59, 1050 (1970).
4. N. Hoshisaki, T. Kadota. Preprint NEAP, May 1969.
5. Н.П. Клепиков. *ЖЭТФ*, 44, 376 (1963).
6. W.K. McFarlane, R.J. Homer, A.W. O'Dell et al. *Nuovo Cim.*, 28, 943 (1963).
7. J.D. Dowell, W.R. Frisken, G. Martelli et al. *Nuovo Cim.*, 18, 818 (1960).
8. L.W. Smith, A.W. McReynolds, G. Snow. *Phys.Rev.*, 97, 1186 (1955).
9. T.A. Murray, L. Riddiford, G.H. Grayer et al. *Nuovo Cim.*, 49, 261 (1967).
10. R.J. Homer, W.K. McFarlane, A.W. O'Dell et al. *Nuovo Cim.*, 23, 690 (1962).
11. Y. Ducros. *Rev.Mod.Phys.*, 39, 531 (1967); *Phys.Rev.*, 164, 1672 (1967).
12. H.A. Neal, M.J. Longo. *Phys.Rev.*, 161, 1374 (1967).
13. F.F. Chen, C.P. Leavit, A.M. Shapiro. *Phys.Rev.*, 103, 211 (1956).
14. M.J. Longo, J.A. Helland, W.N. Hess et al. *Phys.Rev.Lett.*, 3, 568 (1959).
15. D.V. Bugg, A.J. Oxley, J.A. Zoll et al., *Phys.Rev.*, 133B, 1017 (1964).
16. G.H. Grayer, J.D. Dowell, C.J. Adams et al. *Lett.Nuovo Cim.*, 3, 633 (1970).
17. M.G. Albrow, S.A. Anderson/Almened, B. Bošnjaković et al. *Nucl.Phys.*, B23, 445 (1970).

ки (100% и более), что все решения в пределах ошибок не различаются. В связи с этим было решено получить набор фазовых сдвигов, описывающий экспериментальные данные при энергии 1 Гэв экстраполяцией решения, найденного при энергии 630 Мэв^{/3/}. Для этого значения фазовых сдвигов, найденные в^{/3/}, были взяты в качестве начальных значений и уточнены по экспериментальным данным, приведенным в таблице 2. В процессе уточнения были приняты меры для того, чтобы энергетические зависимости $\delta(E)$ были достаточно монотонны вплоть до энергии 1 Гэв.

Полученное таким образом решение дано в таблице 3. В таблице также приведены результаты фазового анализа при энергии 630 Мэв^{/3/} и 1000 Мэв^{/4/}. Сравнение полученного набора фазовых сдвигов с решением, найденным ранее при энергии 630 Мэв^{/3/}, указывает на то, что экспериментальные данные при энергии 1 Гэв можно достаточно хорошо описать в предположении монотонной зависимости фазовых сдвигов от энергии. При этом не возникает необходимость вводить предположение о заметном мезообразовании из начального 1S_0 -состояния, как это были вынуждены сделать при энергии 1000 Мэв авторы работы^{/4/}.

Угловые зависимости экспериментально наблюдаемых величин, рассчитанные по полученному набору фазовых сдвигов, показаны на рис. 1-6. Заштрихованные области на рис. 1-3 - коридоры ошибок расчётных кривых. Коридор ошибок расчётных кривых на рис. 4-6 для угловых зависимостей параметров Вольфенштейна составляет 100%. Отсюда с очевидностью следует, что наиболее ценная информация для определения амплитуды pp -рассеяния в настоящее время может быть получена только из экспериментов по тройному рассеянию.

После завершения настоящей работы в литературе появились новые результаты измерения дифференциальных сечений, поляризации и деполяризации (см. таблицу 1). Впервые измеренная при энергии 984 Мэв деполяризация D_{pp} на угле 90° (с.ц.и.), к сожалению, имеет почти 100% ошибку и практически не дает новой информации. Дифференциальные сечения и поляризация, измеренные в интервале углов 30-90°, согласуются с данными, опубликованными ранее.

В заключение авторы выражают благодарность С.И. Биленькой за помощь в работе.

18. D.V. Bugg, D.C. Salter, G.H. Stafford et al. Phys.Rev., 146, 980 (1966).
 19. Ю.М. Казаринов, И.Н. Силин. ЖЭТФ, 43, 692 (1962).
 20. H.P. Stapp, T.Y. Upsilon, N. Metropolis. Phys.Rev., 105, 302 (1957).

Рукопись поступила в издательский отдел
 8 апреля 1971 года.

Таблица I.

Экспериментальные данные по упругому pp-рассеянию
 вблизи 1 Гэв.

Е, МэВ	θ с.ц.и.	f	Δf	источ- ник	Е, МэВ	θ с.ц.и.	f	Δf	источ- ник
PP	полное сечение σ_{tot} (мб)				PP	полное неупр. сечение $\sigma_{n.}^H$ (мб)			
968		47,553	0,058	/18/x	970		22,48	0,8	/15/
970		47,3	1,0	/15/					
1030		46,5	2,0	/12/					
1073		47,49	0,046	/13/					
1075		48,3	1,6	/18/x					
PP	дифференциальное сечение $d\sigma/d\Omega$ (мб/стер.)								
950	35,90	6,71	0,56	/17/x	1000	36,5	5,66	0,10	/8/
	38,73	6,30	0,51	/		41,3	4,54	0,10	
	43,12	4,76	0,25			53,7	2,44	0,07	
	49,45	3,51	0,23			64,0	1,33	0,05	
	54,55	2,58	0,17			77,0	0,79	0,05	
	58,67	2,26	0,18			90,0	0,62	0,05	
	62,62	1,65	0,11		1010	18,5	11,80	0,26	/7/
	67,05	1,45	0,12			24,6	10,40	0,33	
	70,12	1,08	0,09			30,7	7,89	0,18	
	73,74	1,00	0,08			36,7	5,76	0,09	
	77,88	0,99	0,08			41,5	4,11	0,09	
	81,95	0,65	0,05			48,5	2,718	0,051	
	86,55	0,73	0,06			60,0	1,546	0,041	
	89,43	0,78	0,10			71,1	0,922	0,029	
970	12,30	19,600	1,200	/6/		79,8	0,739	0,037	
	48,30	3,506	0,088			90,0	0,608	0,030	
	59,73	2,037	0,070		1040	37,82	5,97	0,34	/17/x
	70,83	1,185	0,040			44,77	4,38	0,22	
	81,55	0,898	0,024			50,95	3,04	0,20	
991	14,5	18,620	0,801	/9/		55,25	2,20	0,15	
	19,0	14,280	0,366			60,00	1,94	0,16	
	23,0	12,460	0,280			63,90	1,56	0,10	
	30,5	10,334	0,274			68,28	1,17	0,10	
	40,0	5,430	0,117			71,93	0,95	0,08	
	50,0	3,200	0,089			76,70	0,85	0,06	
	59,5	1,860	0,085			80,80	0,66	0,06	
	70,0	1,041	0,085			84,27	0,65	0,05	
	80,25	0,690	0,036			88,28	0,65	0,06	

x - При поиске решений не использовано.

Таблица 1.

(Продолжение)

Е, МэВ	θ, с.ц.и.	f	Δf	источник	Е, МэВ	θ, с.ц.и.	f	Δf	источник
PP поляризация P									
950	29,55	0,41	0,03	/17/x	51,20	0,330	0,020		
	35,90	0,437	0,04		55,40	0,330	0,020		
	38,73	0,53	0,05		60,00	0,285	0,020		
	43,12	0,44	0,03		64,60	0,265	0,030		
	49,45	0,47	0,04		67,20	0,287	0,050		
	54,55	0,40	0,04		68,70	0,210	0,060		
	58,67	0,37	0,05		71,60	0,210	0,020		
	62,62	0,36	0,05		75,60	0,080	0,035		
	67,05	0,25	0,07		79,40	0,092	0,013		
	70,12	0,20	0,08		83,20	0,090	0,020		
	73,74	0,24	0,08		87,00	-0,017	0,047		
	77,88	0,04	0,08		93,88	0,419	0,037	/12/	
	81,95	0,17	0,08		42,47	0,464	0,046		
	86,55	-0,09	0,09		53,60	0,481	0,033		
	89,43	-0,18	0,13		57,81	0,417	0,043		
970	12,30	0,237	0,155	/10/	61,62	0,325	0,037		
	22,10	0,183	0,079		65,32	0,258	0,074		
	24,50	0,223	0,061		68,52	0,245	0,035		
	26,90	0,312	0,068		71,37	0,265	0,039		
	29,40	0,237	0,082		77,25	0,095	0,029		
	30,50	0,229	0,056		88,25	-0,021	0,034		
	36,50	0,297	0,067		30,68	0,41	0,02	/17/x	
	48,30	0,386	0,070		37,82	0,47	0,03		
	59,70	0,334	0,083		44,77	0,38	0,02		
	70,80	0,169	0,067		50,95	0,46	0,04		
	81,60	0,063	0,066		55,25	0,32	0,04		
1029	25,90	0,345	0,040		60,00	0,28	0,05		
	30,90	0,355	0,020		63,90	0,28	0,05		
	35,60	0,370	0,030		68,28	0,32	0,06		
	40,60	0,385	0,030		71,93	0,21	0,07		
	42,00	0,405	0,027		76,70	0,22	0,06		
	45,40	0,370	0,020		80,80	-0,01	0,08		
	46,60	0,360	0,025		84,27	0,11	0,08		
	50,00	0,345	0,021		88,28	0,01	0,08		
PP корреляция поляризаций C _{pp}					PP деполаризация D				
978	42,0	0,70	0,19	/11/	984	90,0	0,65	0,56	/16/x
	46,7	0,72	0,15						
	51,2	0,61	0,16						
	55,6	0,62	0,20						
	60,0	0,46	0,26						
	64,3	0,44	0,27						
	68,6	0,71	0,47						
	70,0	0,39	0,27						
	73,4	0,69	0,16						
	77,4	0,79	0,17						

x - при поиске решений не использовано.

Обработанные экспериментальные данные.

Таблица 2.

эксп. велич.	Е, МэВ	число точек	норма	χ ²	источник	примечание
σ ^{pp} _{tot}	970	1		0,003	/15/	усреднено
	1030	1		0,054	/14/	
	1075	1			/13/	
σ ^{неуп.} _{полн.}	970	1			/15/	
(dσ/dΩ) _{pp}	970	4	1,109 ± 0,044	4,8	/6/	перенормировано на полное неупр. сечение (24,8±0,9 мб)
	991	8	0,990 ± 0,038	20,1	/9/	
	1000	5	0,870 ± 0,034	7,6	/8/	
	1010	9	0,835 ± 0,031	13,0	/7/	
P _{pp}	970	11		9,8	/10/	
	1029	17		16,3	/11/	
	1030	10		15,6	/12/	
C _{pp}	978	10		0,82	/11/	
D _{pp}		4				экстраполяция

Таблица 3.

фазовые сдвиги в градусах (параметризация Стаппа /20/).

	630 МэВ ^{3/}	1 ГэВ(наст. работа)	1 ГэВ ^{4/}
¹ T ²	0,076 ± 0,005	0,07	0,08
¹ S ₀	-19,4 ± 3,4	-5,0	-30,0
³ P ₀	-20,7 ± 2,4	-41,1	-37,5
³ P ₁	-29,9 ± 2,2	-17,6	-71,5
³ P ₂	34,7 ± 1,8	55,0	16,9
¹ D ₂	9,6 ± 1,6	11,8	11,3
³ F ₂	2,9 ± 0,9	3,8	43,5
³ F ₃	-4,1 ± 0,6	-6,6	-13,7
³ F ₄	0,7 ± 0,8	-0,3	(-7,73)
¹ G ₄	3,8 ± 0,8	4,7	(6,50)
³ H ₄	5,6 ± 0,7	6,4	(4,50)
³ H ₅	0,7 ± 0,8	-2,5	
³ H ₆	-2,3 ± 0,6	-3,51	(1,10)
¹ I ₆	-3,2 ± 0,8	+1,5	(-2,00)
	-2,8 ± 0,5	-3,7	(2,40)
	одномер.	-3,2	(0,669)
мнимые части фазовых сдвигов			
¹ S ₀	-	-	40,0
³ P ₀	-	2,0	9,0
³ P ₁	-	30,2	0,0
³ P ₂	5,1 ± 1,5	5,4	16,0
¹ D ₂	10,9 ± 2,6	6,8	13,2
³ F ₂	0,7 ± 1,1	4,9	19,0
³ F ₃	2,4 ± 1,5	9,4	18,0
³ F ₄	4,0 ± 0,7	16,5	3,0
χ ²		88	52
n		82	62

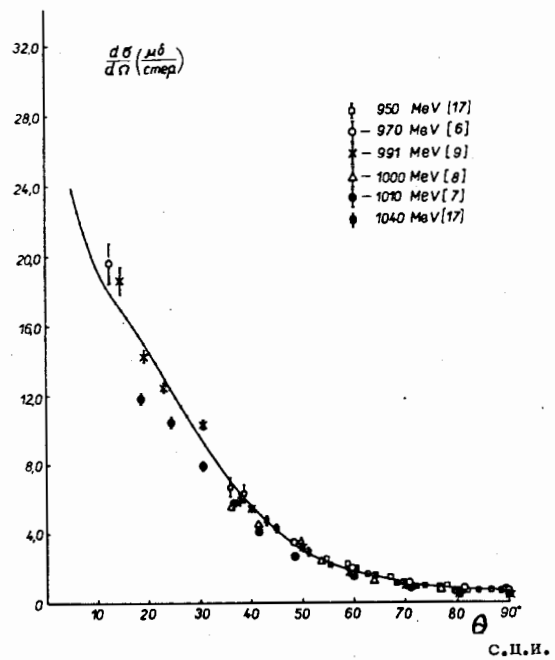


Рис. 1.

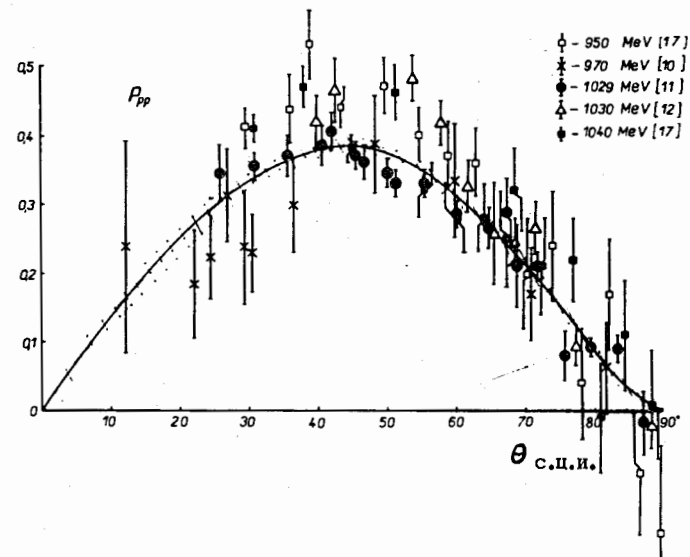


Рис. 2.

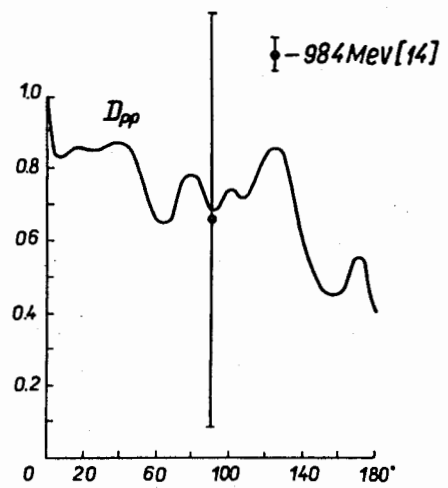


Рис. 3.

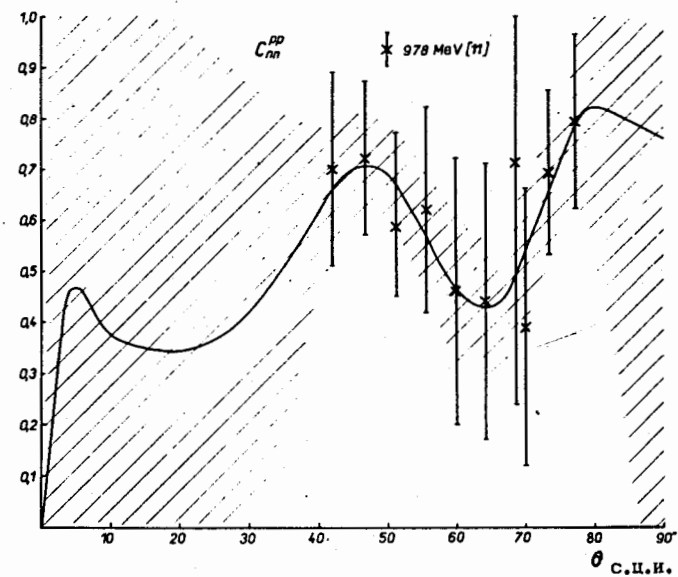


Рис. 4.

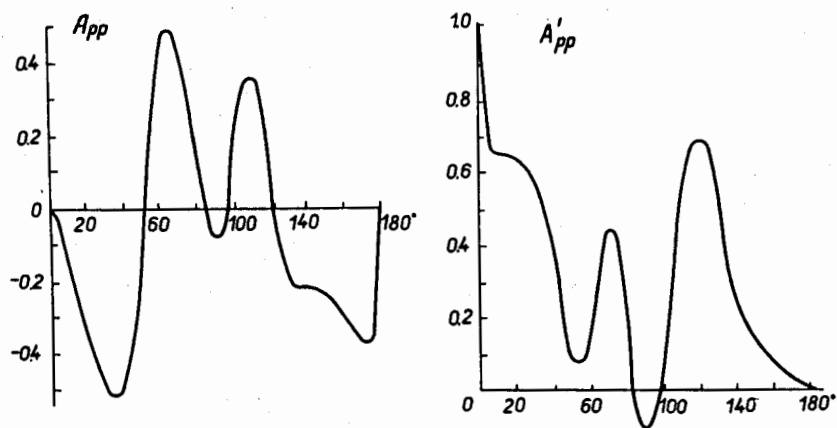


Рис. 5.

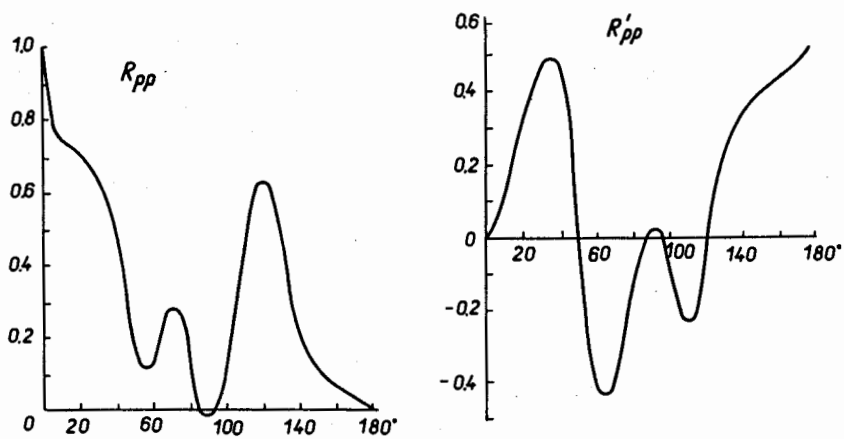


Рис. 6.