



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем
Лаборатория теоретической физики

Р.Я. Зулкарнаев, И.Н. Силин

Д-1107

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ УПРУГОГО (pp)-РАССЕЯНИЯ ПРИ 660 МЭВ

Дубна 1962 год

Р.Я. Зулкарнеев, И.Н. Силин

Д-1107

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ
УПРУГОГО (pp)-РАССЕЯНИЯ
ПРИ 660 МЭВ

Направлено в ЖЭТФ

Дубна 1982 год

А н н о т а ц и я

Выполнен фазовый анализ упругого (pp)-рассеяния при 660 Мэв. Получен один набор фазовых сдвигов в интервале $\bar{\chi}^2 \leq \chi^2 \leq 2\bar{\chi}^2$ и четыре набора в интервале $2\bar{\chi}^2 < \chi^2 < 3\bar{\chi}^2$. Приводятся рассчитанные на основании наиболее вероятного набора фазовых сдвигов кривые для угловой зависимости величин $\sigma(\theta)$, $P(\theta)$, $C_{nn}(\theta)$, $C_{kp}(\theta)$, $D(\theta)$, $R(\theta)$ и $A(\theta)$.

Фазовый анализ NN -взаимодействия при энергиях выше порога образования пионов представляет большой интерес.

В этой области энергий наиболее детально изучено (pp -) -рассеяние при энергии около 660 Мэв, для которого на синхротронном ускорителе в Дубне выполнена большая программа экспериментальных исследований упругого и неупругого (pp) -взаимодействий. Многие черты анализа неупругого взаимодействия при энергии 660 Мэв нашли отражение в резонансной модели Мандельштама^{/1/}, согласно которой рождение пионов происходит в небольшом числе состояний. Поэтому при проведении фазового анализа целесообразно воспользоваться указаниями этой модели и учесть рождение пионов лишь в $'D_2$ и $^3P_{0,1,2}$ состояниях. В этом предположении число проведенных экспериментов, относящихся к упругому (pp) -рассеянию, оказывается достаточным для проведения фазового анализа.

Ниже приводятся результаты выполненного анализа, который позволяет, с одной стороны, увидеть картину упругого pp -взаимодействия в разных спиновых состояниях вдали от порога рождения пионов, с другой - получить указания для планирования дальнейших экспериментов по pp -рассеянию при 660 Мэв.

Настоящий анализ во многом следует работам Казаринова и Сирина^{/2/, /3/}. Учет однорезонансного вклада в амплитуду рассеяния проводился по формулам работ^{/2-4/} с константой пион-нуклонного взаимодействия, равной 0,08. Значение орбитального момента l_{max} , выше которого рассеяние можно описать однорезонансной диаграммой Фейнмана, определялось согласно^{/5/}. При этом было найдено, что $l_{max} = 4$.

При фазовом анализе были использованы данные работ для дифференциального сечения $\sigma(\theta)$ ^{/6,7/} /12 точек/; поляризации $P(\theta)$ ^{/8/} /14 точек/; параметров $D(\theta)$ ^{/9/} и $R(\theta)$ ^{/10/} /10 точек/; $C_{nn}(\theta)$ ^{/11,12/} /8 точек/; $C_{np}(\theta)$ ^{/13/} и значение полного сечения (pp) -рассеяния для энергии 660 Мэв^{/14/}.

Принималась параметризация работы^{/15/}, в которой для неупругой области необходимо считать фазовые сдвиги и коэффициенты смешивания комплексными. При этом полагалось для синглетных переходов $\bar{\delta}_\ell \equiv \bar{\delta}_\ell^R + i\bar{\delta}_\ell^I$; для триплетных переходов с $\ell = j$:

$$\bar{\delta}_{\ell,j} \equiv \bar{\delta}_{\ell,j}^R + i\bar{\delta}_{\ell,j}^I, \quad \text{а для переходов с } \ell = j \pm 1:$$

$$\bar{\delta}_{j \pm 1, j} \equiv \bar{\delta}_{j \pm 1, j}^R + i\bar{\delta}_{j \pm 1, j}^I$$

$$\epsilon_j \equiv \epsilon_j^R + i\epsilon_j^I$$

где в силу унитарности S -матрицы $\bar{\delta}^I \geq 0$.

В согласии с моделью Мандельштама вблизи 660 Мэв комплексными принимались фазы $'D_2$, $^3P_{0,1,2}$ - состояний, а мнимые части фазовых сдвигов $'S_0$.

${}^3F_{2,3}$ -состояний и параметра ϵ_2 полагались равными нулю. Для $\bar{\delta}^I({}'D_2)$ было использовано значение, найденное ранее Сороко^{/16/} и равное $18,24^\circ$.

Фазовые сдвиги находились методом наименьших квадратов. Поиск минимумов функционала χ^2 осуществлялся на электронной счетной машине ОИЯИ методом линеаризации^{/17/}.

После более чем 100 поисков /при $l_{\max} = 4$ и $\bar{\chi}^2 = 28/$ в интервале $\bar{\chi}^2 \leq \chi^2 \leq 2\bar{\chi}^2$ было найдено одно решение /набор № 1; $\chi^2 = 47/$, а в интервале $2\bar{\chi}^2 < \chi^2 < 3\bar{\chi}^2$ - четыре решения с $\chi^2 = 62,1; 67,2; 82,7$ и $83,1$ /наборы 2,3,4 и 5 соответственно/. Полученные таким образом наборы фазовых сдвигов приведены в таблице 1. Фигуры 1-3 иллюстрируют угловые зависимости экспериментально измеренных величин, вычисленных с помощью набора 1.

Для выяснения устойчивости решения № 1 и проверки правильности принятых при анализе предположений решение 1 уточнялось при дополнительном варьировании следующих пар параметров $\bar{\delta}^I({}'S_0)$ и $\bar{\delta}^I({}'D_2)$; $\bar{\delta}^I({}^3F_2)$ и ϵ_2^I ; $\bar{\delta}^I({}^3F_2)$, $\bar{\delta}^I({}^3F_3)$ при $\epsilon_2^I = 0$. В результате при практически неизменном значении критерия согласия $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 1,5$ было получено хорошее подтверждение принятых условий, а $\bar{\delta}^I({}'D_2)$ оказалась равной $14,3 \pm 4,3^\circ$. Не было обнаружено сильного изменения $\chi^2/\bar{\chi}^2$ и при увеличении l_{\max} от 4 до 5.

Результаты этих испытаний указывают, с одной стороны, на то, что введенное число параметров если и занижено, то незначительно. С другой стороны, тот факт, что критерий $\chi^2/\bar{\chi}^2$ постоянно остается несколько большим единицы, свидетельствует, возможно, о завышенной точности некоторых из полученных на опыте величин.

Интересно отметить, что при уже существующей точности экспериментальных данных число решений оказалось небольшим, а решение 1 плавно переходит /как будет показано в более детальном сообщении/ в аналог первого решения Стаппа. Во всех наборах $\bar{\delta}^I({}'D_2, {}^3P_2)$ вне ошибок заметно отличны от нуля при $\epsilon_2 \approx 0$. Значения $\bar{\delta}^R({}'S_0)$ и $\bar{\delta}^I({}'D_2)$, найденные ранее в^{/12/} как решение-а для (pp) -рассеяния при 650 Мэв так же, как и предсказанное в^{/11/} значение $A(\frac{\pi}{2})$, согласуются с соответствующими значениями, даваемыми решением № 1 данной работы.

Более уверенный выбор наиболее достоверного набора фазовых сдвигов будет возможен после дополнительных измерений ряда параметров рассеяния в определенных точках. В настоящее время проводится уточнение анализа с учетом релятивистских эффектов.

После завершения данной работы нам стала известна работа^{/18/}, авторы которой, используя вычисленные на основании модели Мандельштама усредненные значения коэффициентов поглощения $r = \exp[-2\delta]$ в ${}^3P_{0,1,2}$ и ${}^3F_{2,3}$ - состояниях, нашли набор действительных фаз упругого (pp) -рассеяния при 660 Мэв. Авторы цитируемой работы не учитывают вклады одномезонной диаграммы и кулоновского взаимодействия; они не приводят коридоров ошибок фазовых сдвигов, что затрудняет количественное сопоставление результатов обоих анализов.

Проведенный нами подсчет критерия согласия для решения, найденного в /18/, привел к значению $\chi^2/\chi^2 = 3$. Варьирование зафиксированных ранее в /18/ фаз, выполненное нами с учетом вкладов кулоновского взаимодействия и рассеяния с $l > l_{max} = 4$, существенно уменьшив χ^2 , резко изменило вещественные фазовые сдвиги, дало большие значения $\bar{\delta}^I(F_{2,3})$ и привело к отрицательным значениям мнимых частей фаз $\bar{\delta}^I({}^3P_{0,1})$. Последнее противоречит требованию унитарности S -матрицы. Приравнивание фаз $\bar{\delta}^I({}^3P_{0,1})$ нулю увеличило бы χ^2 , доведя его до значения ≈ 80 .

Авторы весьма благодарны Л.И. Лapidусу за постоянные обсуждения и помощь, оказанную им при выполнении данной работы. Авторы так же признательны В.П. Джелепову, Ю.М. Казаринову, С.Н. Соколову, Р.М. Рындиному, Я.А. Смородинскому, А.А.Тяпкину, Б.М. Головину за поддержку, полезные советы и обсуждения.

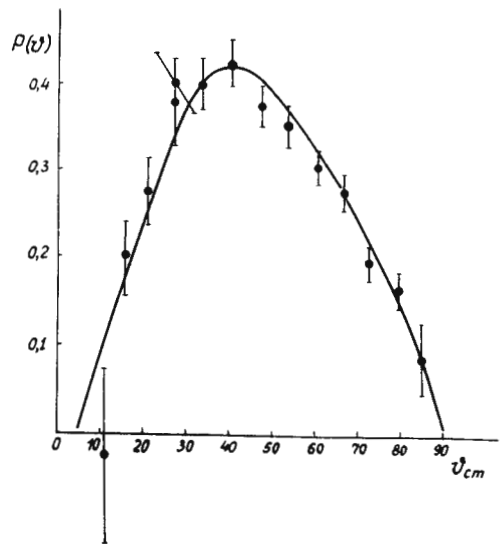
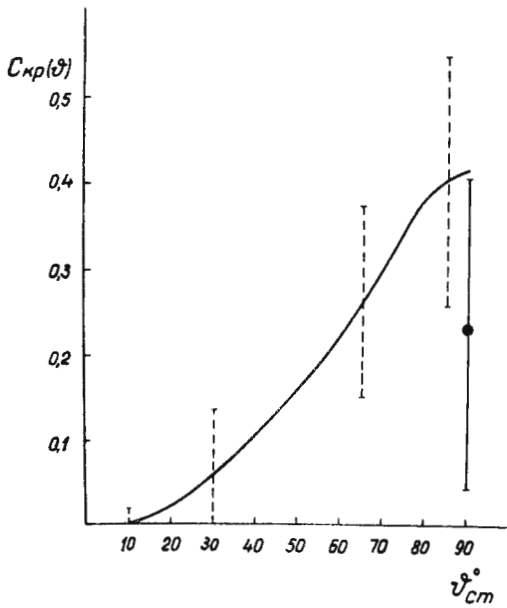
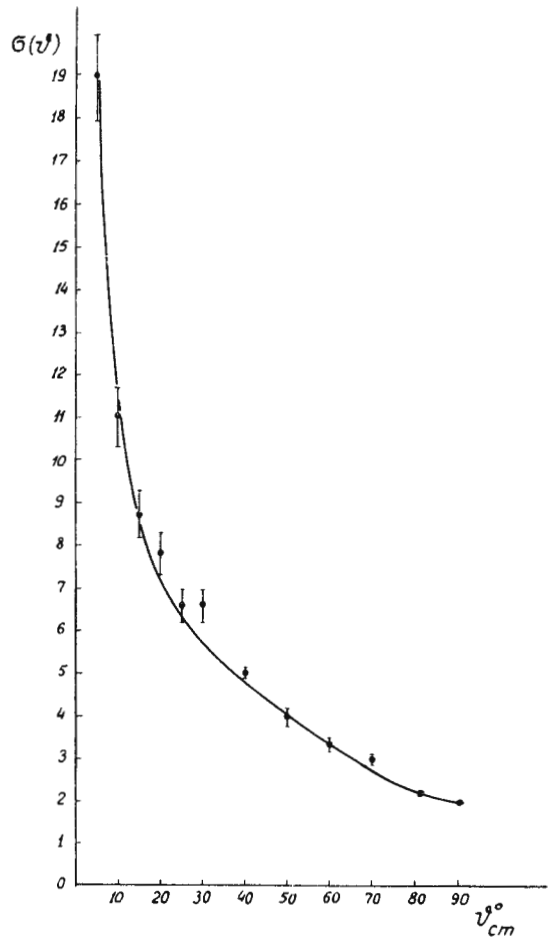
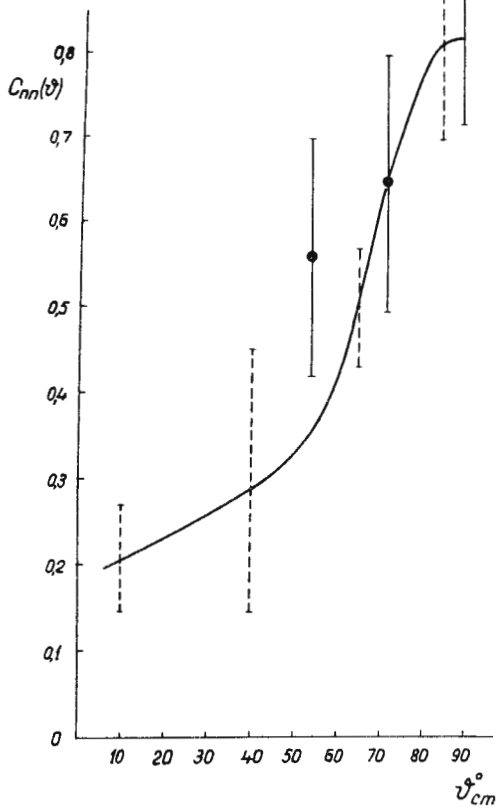
Л и т е р а т у р а

1. S. Mandelstam, Proc. Roy Soc., 244, 491 (1958)
2. Ю. Казаринов, И. Силин. ЖЭТФ, 43, 692, 1962 г.
3. Ю. Казаринов, И. Силин. Препринт ОИЯИ Р-370, Дубна 1962 г.
4. P. Ciffra et al., Phys. Rev., 114, 880, (1959)
5. Ю. Казаринов и др. ЖЭТФ, 41, 197, 1961 г.
6. Н. Богачев, И. Взоров. ДАН СССР, 99, 931 /1954/.
7. Н. Богачев, И. Взоров. ДАН СССР, 108, 806 /1956/.
8. М. Мещеряков, С. Нурушев, Г. Столетов. ЖЭТФ, 33, 37 /1957/.
9. Ю. Кумекин, М. Мещеряков, С. Нурушев, Г. Столетов. ЖЭТФ, 38, 1451 /1960/.
10. Ю. Кумекин, М. Мещеряков, С. Нурушев, Г. Столетов. ЖЭТФ, 43, вып. 5 /1962/ /в печати/.
11. Б. Головин, В. Джелепов, Р. Зулкарнеев, ЖЭТФ, 41, 83 /1961/.
12. Б. Головин, В. Джелепов, Р. Зулкарнеев, Цуй-Ван-чуан. Препринт ОИЯИ Д-1073, 1962 г. ЖЭТФ /в печати/.
13. В. Никаноров, А. Писарев, Х. Поэе, В. Петер. ЖЭТФ, 42, 1209 /1962/.
14. В. Джелепов, С. Медведь, В. Москалев. ДАН СССР, 104, 380 /1955/.
15. H. Stapp, T. Ypsilantis, N. Metropolis, Phys. Rev., 105, 302 (1957).
16. Л. Сороко. ЖЭТФ, 35, 267 /1958/.
17. С. Соколов, И. Силин. Препринт ОИЯИ Д-810, Дубна 1961 г.
18. N. Hoshizaki, S. Machida, RIF-21, August 1962.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 октября 1962 года.

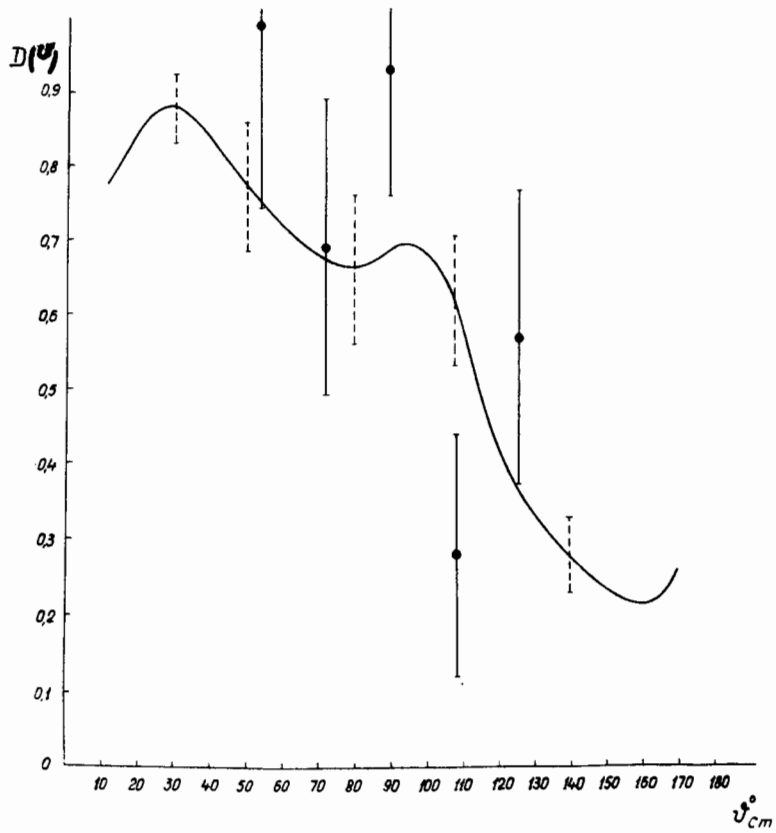
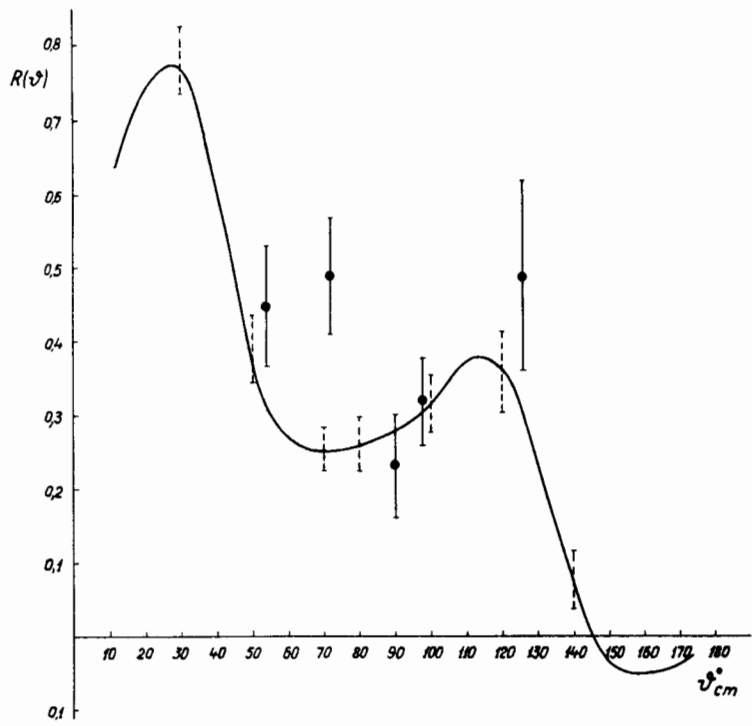
Значения фазовых сдвигов в градусах					
Фазовые сдвиги	Набор 1, $x^2 = 47$	Набор 2 $x^2 = 62,1$	Набор 3, $x^2 = 67,2$	Набор 4, $x^2 = 82,7$	Набор 5 $x^2 = 88,1$
$\bar{\delta}^R({}^1S_0)$	-21,2±8,5	12,8±6,8	- 8,5±6,9	18,1±5,4	-17,2±4,5
$\bar{\delta}^R({}^3P_0)$	-37,7±7,4	-51,5±6,6	-23,6±4,1	-88,2±5,6	-39,5±10,1
$\bar{\delta}^R({}^3P_1)$	-15,2±5,0	- 5,7±6,6	- 2,7±3,6	35,4±3,9	-39,1±4,4
$\bar{\delta}^R({}^3P_2)$	56,8±9,3	45,7±2,2	-59,0±3,2	9,3±1,1	13,0±3,1
$\bar{\delta}^R({}^1D_2)$	4,2±2,7	2,2±6,3	- 0,5±3,8	-1,5±4,8	- 4,9±3,3
ϵ_2^R	- 0,1±4,2	- 3,1±3,0	- 0,1±2,7	- 0,9±1,4	- 9,3±4,6
$\bar{\delta}^R({}^3F_2)$	- 6,3±1,1	- 7,4±1,8	- 3,8±1,0	-14,8±1,5	5,9±2,2
$\bar{\delta}^R({}^3F_3)$	3,0±1,6	- 5,5±3,1	9,8±1,0	-13,5±2,0	3,5±2,3
$\bar{\delta}^R({}^3F_4)$	- 3,8±1,0	- 6,5±0,7	6,2±1,4	- 1,3±0,5	7,8±0,7
$\bar{\delta}^R({}^1G_4)$	7,8±1,0	0,8±1,7	- 4,6±1,1	2,0±1,2	- 5,5±0,8
$\bar{\delta}^I({}^1S_0)$	-	-	-	-	-
$\bar{\delta}^I({}^3P_0)$	1,9±10,1	7,6±10,2	3,2±9,0	5,6±6,7	- 2,6±10,9
$\bar{\delta}^I({}^3P_1)$	- 2,0±3,4	8,5±5,2	2,1±4,5	3,9±2,7	- 1,4±3,5
$\bar{\delta}^I({}^3P_2)$	29,1 ±6,3	10,6±2,0	20,1±3,2	13,2±1,8	23,8±2,4
$\bar{\delta}^I({}^1D_2)$	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2

Табл. 1. Таблица фазовых сдвигов для набора 1, 2, 3, 4 и 5.



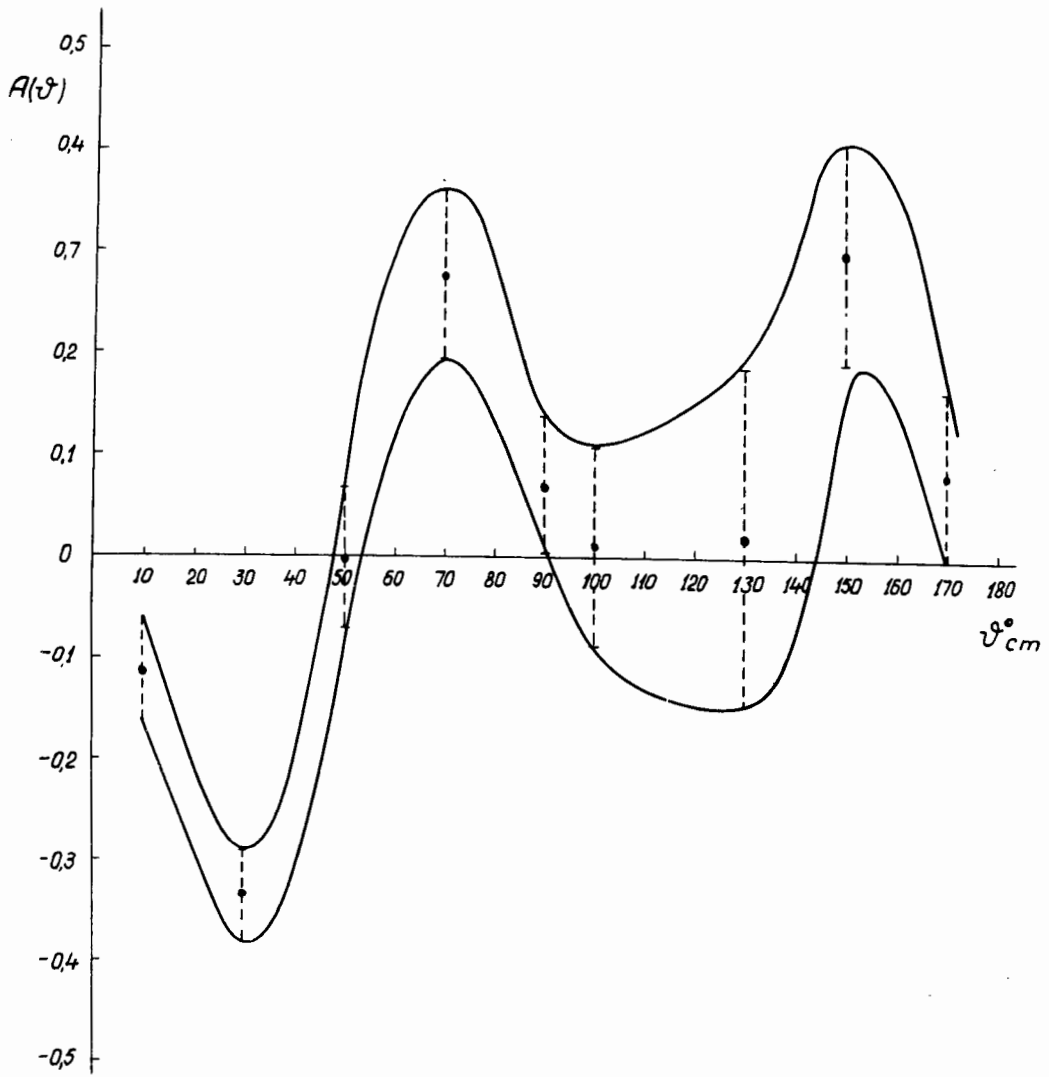
Р и с. 1. Угловая зависимость $\sigma(\theta)$, $P(\theta)$, $C_{nn}(\theta)$, $C_{kp}(\theta)$, по набору 1.

- — экспериментальные точки;
- — расчетный коридор ошибок.



Р и с. 2. Угловые зависимости параметров $D(\theta)$ и $R(\theta)$ согласно набору 1.

● - экспериментальные точки;
 T - расчетный коридор ошибок.



Р и с. 3. Предсказываемые значения параметра $A(\theta)$ согласно набору 1.

• - расчетный коридор ошибок.