

1206

6
К14



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

Ю.М.Казаринов, В.С.Киселев, И.Н.Силин

P - 1206

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ НУКЛОН-НУКЛОННОГО РАССЕЯНИЯ

ПРИ ЭНЕРГИИ 147 МЭВ

ЖЭТФ, 1963, т45, в3, с637-642.

Дубна 1963 г.

Ю.М.Казаринов, В.С.Киселев, И.Н.Силин

P - 1206

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ НУКЛОН-НУКЛОННОГО РАССЕЯНИЯ
ПРИ ЭНЕРГИИ 147 МЭВ

1814/2 30.

Объединенный инсти-
тут исследований
Библиотека

Дубна 1983 г.

Со времени выполнения фазового анализа нуклон-нуклонного рассеяния при энергии 147 Мэв в литературе появилось несколько работ, заметно пополнивших наши сведения относительно характеристик pp и pp -рассеяния при этой энергии^{/1-5/}. Следует заметить, что новые данные достаточно удовлетворительно ложились на кривые, рассчитанные по фазовым сдвигам единственного решения, полученного ранее^{/6,7/}. Однако желание уменьшить ошибки фазовых сдвигов заставило авторов использовать дополнительную информацию и уточнить ранее найденное решение. Это интересно было сделать, в частности, также и для того, чтобы более точно выяснить насколько хорошо результаты фазового анализа согласуются с фазовыми сдвигами, найденными иными путями^{/8,9,10/}. К сожалению, фазовый анализ Перринга^{/3/}, выполненный сравнительно недавно, был проведен без вычисления ошибок и не давал однозначного ответа на этот вопрос.

Данные, использованные для проведения фазового анализа, приведены в таблице 1. В результате анализа произведено уточнение фазовых сдвигов при $l_{\max} = 3$, когда амплитуда нуклон-нуклонного рассеяния берется в одномезонном приближении, начиная с моментов $l = 4$ и выше. Найдено решение при $l_{\max} = 4$.

Таблица 1

Измеренная величина	Энергия, при которой велись измерения /Мэв/	число точек	литературный источн.	примечание
σ_{pp}	I47	21	II	Данные, использованные ранее /6/
P_{pp}	I47	I4	II	
D_{pp}	I47, I43	9	I2, I3	
R_{pp}	I40, I42	I4	I4, 5	
σ_{np}	I56	23	I6	
P_{np}	I43	8	I7	
A_{pp}	I39	6	I	Новые данные
A_{pp}	I43	6	2	
R_{pp}	I40	I	3	
A_{pn}	I40	5	4	
R_{pn}	I40	5	4	
P_{pn}	I40	I2	5	

Рассчитаны кривые для экспериментально измеряемых величин /рис. 2-5/ и элементы матрицы перехода. Рассмотрена устойчивость решений при небольших измерениях эффек-

тивной энергии /147-143/ Мэв /. При $\ell_{max} = 3$ производился также поиск решений при случайных смещениях найденного решения по фазам S , P и D -волн на $\pm 5^\circ$ и по фазам F -волн на $\pm 2,5^\circ$. Новых решений при этом найдено не было.

Результаты в пределах ошибок согласуются с результатами анализа, ранее выполненного авторами^{/6/}, также, как и с результатами Перринга^{/3/}. Обнаружена чрезвычайная устойчивость решения при переходе от $\ell_{max} = 3$ к $\ell_{max} = 4$, как сами фазовые сдвиги, так и их ошибки при этом в подавляющем большинстве случаев практически не меняются / таблица 2/. Решение устойчиво и при небольших изменениях энергии /147-143 Мэв /. Отношение $\frac{\chi^2}{\chi^2} = 1,24$ при $\ell_{max} = 3$ и $\frac{\chi^2}{\chi^2} = 1,04$ при $\ell_{max} = 4$. Константа связи $f^2 = 0,056 \pm 0,006$ и $0,060 \pm 0,009$ при $\ell_{max} = 3$ и 4, соответственно. Здесь следует заметить, что при проверке программы, составленной ранее для выполнения фазового анализа на электронной счетной машине, в одной из формул, была обнаружена ошибка, которая приводила к небольшому завышению константы связи^{x/}. Для получения правильных значений f^2 приведенные в работах^{/6,18/} величины константы связи необходимо умножить на $(1 + \frac{T}{2m})^{1/2} (1 + \frac{T}{m})^{-1}$, где m -масса нуклона, T -кинетическая энергия. После исправления для f^2 в наборе 1 получаются следующие значения: $0,070 \pm 0,008$; $0,069 \pm 0,005$; $0,073 \pm 0,007$ для $\ell_{max} = 3$ при энергиях 95, 210 и 310 Мэв, соответственно. Среднее значение f^2 в указанном интервале равно $0,067 \pm 0,003$ и, таким образом, в предположении, что масса виртуального мезона равна 140 Мэв, слегка отличается от 0,08. $f^2 = 0,08$ соответствует несколько большему значению массы виртуального мезона / ≈ 150 Мэв /^{/16/}.

Сравнение результатов, приведенных в таблице 2, с фазовыми сдвигами, найденными Брайтом и др.^{/8,9/} при экстраполяции первого решения Стаппа^{/19/} с энергии 315 Мэв в сторону меньших энергий, так же, как и с фазовыми сдвигами, рассчитанными по потенциалам Хамады-Джонсона^{/10/}, показывает, что полученное решение заметно отличается от результатов этих работ. Если различие в фазовых сдвигах волн с высокими орбитальными моментами можно, по-видимому, в некоторой степени, объяснить разными способами использования одномезонного приближения /ОРЕС/^{xx/}, то различие в S и P -фазах вряд ли обусловлено указанной причиной. Как нам кажется, различие в значениях δ_{3s} , в частности, может, по-видимому, быть связано с разными величинами параметра смешивания $\epsilon_1 / \epsilon_1 = 5,0$ в работе Брайта и др.^{/9/}; $3,9$ в работе Хамады-Джонсона^{/10/} и $-0,93 \pm 1,1$ в данной работе /.

Следует заметить, что после уточнения фазового анализа при энергии 147 Мэв стало ясно, что энергетическая зависимость параметра смешивания ϵ_1 , полученного при прямом фазовом анализе в интервале энергий 40-310 Мэв, отличается от зависимости

^{x/} Т.к. константа связи при поиске решений варьировалась, эта ошибка не влияла на величину других параметров.

^{xx/} Изменение ℓ_{max} с трех до четырех, правда, практически не меняет фазовых сдвигов / табл. 2/.

Таблица 2

Фазовые сдвиги волн в градусах /параметризация Стаппа и др. /19/ /.

$l_{max} = 3$		$l_{max} = 4$	
χ^2	132,7		106,7
f^2	$0,057 \pm 0,006$		$0,063 \pm 0,009$
1s_0	$17,031 \pm 0,667$		$17,090 \pm 0,708$
3s_1	$28,409 \pm 0,717$		$28,483 \pm 0,843$
3p_0	$6,541 \pm 0,563$		$6,288 \pm 0,623$
1P_1	$-20,003 \pm 1,368$		$-12,798 \pm 3,016$
3P_1	$-18,243 \pm 0,232$		$-18,226 \pm 0,231$
3P_2	$14,538 \pm 0,152$		$14,505 \pm 0,159$
ϵ_1	$-0,961 \pm 1,108$		$-2,178 \pm 1,166$
3D_1	$-14,668 \pm 0,598$		$-15,207 \pm 0,787$
1D_2	$5,736 \pm 0,183$		$5,404 \pm 0,242$
3D_2	$20,218 \pm 1,108$		$23,547 \pm 1,295$
3D_3	$1,777 \pm 0,727$		$-1,150 \pm 0,952$
ϵ_2	$-2,644 \pm 0,153$		$-2,645 \pm 0,146$
3F_2	$-0,223 \pm 0,327$		$-0,004 \pm 0,332$
1F_3	$-1,375 \pm 0,496$		$-1,425 \pm 0,863$
3F_3	$-1,644 \pm 0,239$		$-1,721 \pm 0,227$
3F_4	$0,312 \pm 0,191$		$0,452 \pm 0,201$
ϵ_3			$2,289 \pm 0,803$
3G_3			$-3,842 \pm 0,655$
1G_4			$0,706 \pm 0,147$
3G_4			$4,296 \pm 0,128$
3G_5			$-0,507 \pm 0,359$

$\epsilon_1(T)$, полученной в указанных работах группы Брайта и Хамады-Джонсона, значительно больше, чем разрешают ошибки /рис.1/. ϵ_1 Брайта и Хамады-Джонсона монотонно возрастает с энергией, оставаясь все время положительным. Параметр смешивания, найденный в работах по фазовому анализу, положителен при энергии 300 Мэв, быстро уменьшается при снижении энергии, проходит через нуль при энергии, близкой к 150 Мэв. При меньших энергиях ϵ_1 определен менее достоверно; но отрицательные значения ϵ_1 , по-видимому, более вероятны. Так, например, при энергии 95 Мэв из пяти низкорасположенных

по χ^2 решений^{/6/} только одно, соответствующее набору 2 Стаппа при $T = 315$ Мэв, имеет $\epsilon_1 > 0$. При энергии 40 Мэв, где экспериментальные данные еще более бедны, можно найти решение с положительными ϵ_1 ^{/6/}. Однако это решение дает положительную величину для C_{nn}^{np} на угле 180° , и, следовательно, противоречит тому, что на углах, близких к 180° , наблюдается преимущественно синглетное рассеяние^{/6,20/}. Это различие в поведении ϵ_1 могло произойти вследствие того, что, опираясь при определении $\epsilon_1(T)$ в области малых энергий на параметры дейтрона /нефизическая область на оси энергии/, авторы работ^{/9,10/}, по-видимому, считают, что с ростом энергии ϵ_1 монотонно возрастает, как это должно быть при $T \rightarrow 0$ ^{/21/}. Последнее, возможно, в области энергий 10-20 Мэв не имеет места.

В заключение авторам приятно выразить благодарность С.М. Биленькому, Л.И. Лапидусу, А.А. Логунову, Р.М. Рындину и Л.Л. Неменову за обсуждение вопросов, затронутых в работе.

Л и т е р а т у р а

1. S.Hee, R.Wilson. Prog. Report, Harvard, June 1962.
2. O.N.Jarvis, B.Rose, J.P.Scanlon, E.Wood. Report AERE-R 4159, Harwell 1962.
3. J.K.Perring. Report AERE - R 4160, Harwell 1962.
4. R.A.Hoffman, J.Lefrancois, E.H.Thorndike, R.Wilson. Phys. Rev. 125, 973 (1962).
5. G.N.Stafford, G.Whitehead. Proc. Phys. Soc. 79, 430 (1962).
6. Ю.М.Казаринов, И.Н.Силин. ЖЭТФ 43, 1385 (1962).
7. Ю.М.Казаринов, И.Н.Силин. препринт Р-1011, Дубна 1962 г.
8. G.Breit, M.H.Hull, Jr., K.E.Lassila, K.D.Pyatt. Phys. Rev. 128, 826 (1962).
9. H.H.Hull, Jr., K.E.Lassila, H.M.Ruppel, F.A.McDonald, G.Breit. Phys. Rev. 128, 830 (1962).
10. T.Hamada, I.D.Johnson. Nucl. Phys. 34, 382 (1962).
11. I.Palmieri, A.M.Cornack, N.F.Ramsey, R.Wilson. Ann. of Phys. 5, 299, 1958.
12. G.F.Hwang, T.R.Ophel, E.I.Thorndike, R.Wilson. Phys. Rev. 119, 352 (1960).
13. R.Rose. Proc. 1960 Ann. Intern. Conf. at Rochester, 1960, p.100
14. L.Bird, D.N.Edwards, R.Rose, A.C.Taylor, E.Wood. Phys. Rev. Lett. 4, 302 (1960).
15. E.H.Thorndike, I.Lefrancois, W.Shaer, R.Wilson. Phys. Rev. 120, 1819 (1960).
16. W.H.Hess. Rev. Mod. Phys. 30, 368 (1958).
17. A.F.Kuckes, R.Wilson. Phys. Rev. 126 1226 (1961).
18. Ю.М.Казаринов, И.Н.Силин. ЖЭТФ 43, 692 (1962).
19. H.P.Stapp, T.I.Ypsilantis, M.Metropolis. Phys. Rev. 105, 302 (1957).
20. M.H.Mc Gregor. Phys. Rev. 123, 2154 (1961).
21. J.M.Blatt, L.C.Biedenharn. Phys. Rev. 86, 399 (1952).

Рукопись поступила в издательский отдел

8 февраля 1963 года.

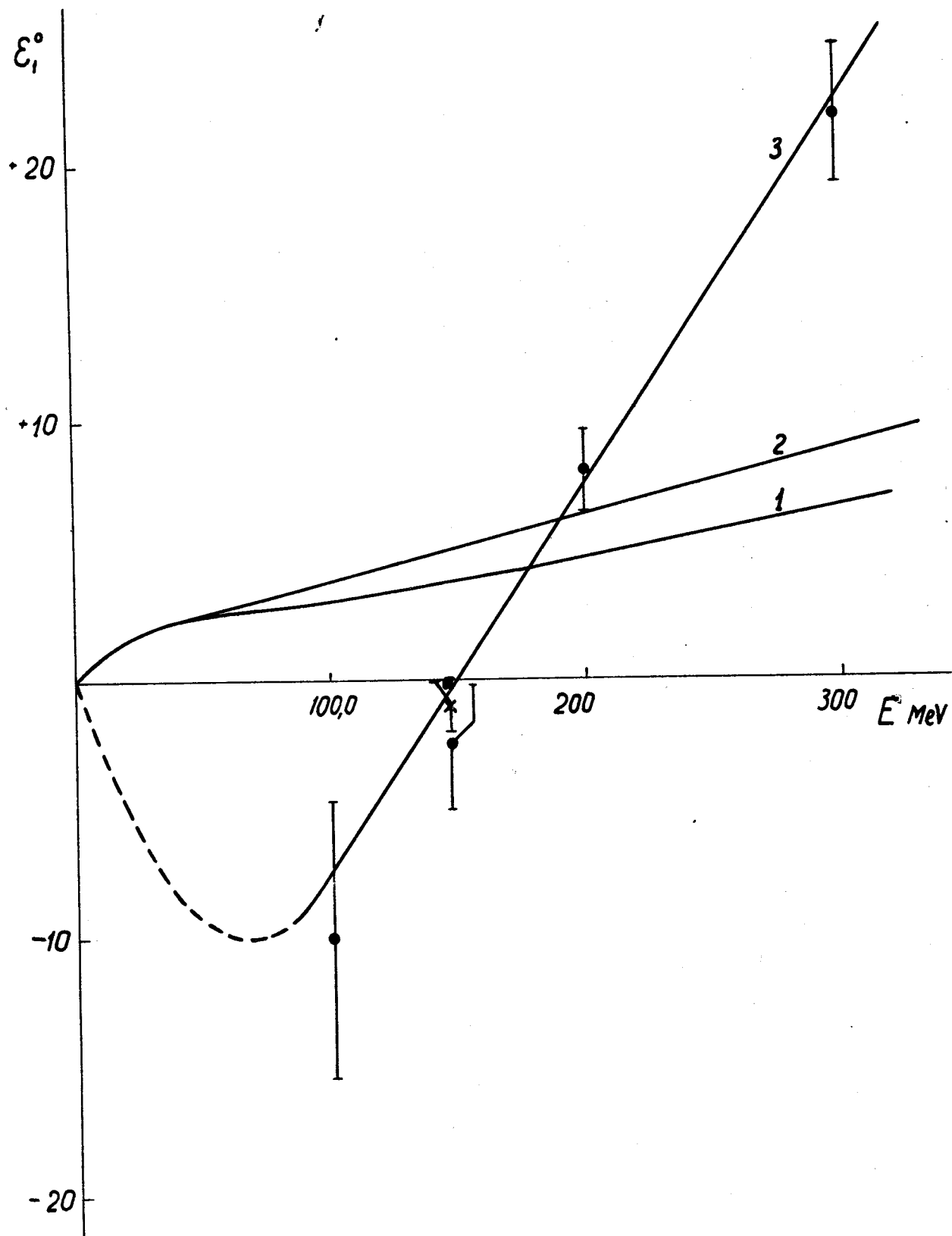


Рис. 1 Зависимость параметра смешивания ϵ_1 от энергии.

1. - работа Хамада-Джонсона^{/10/}
2. - работа Брайта и др.^{/9/}
3. - работа^{/6/}.

■ - работа Перринга.

⊠ - данная работа.

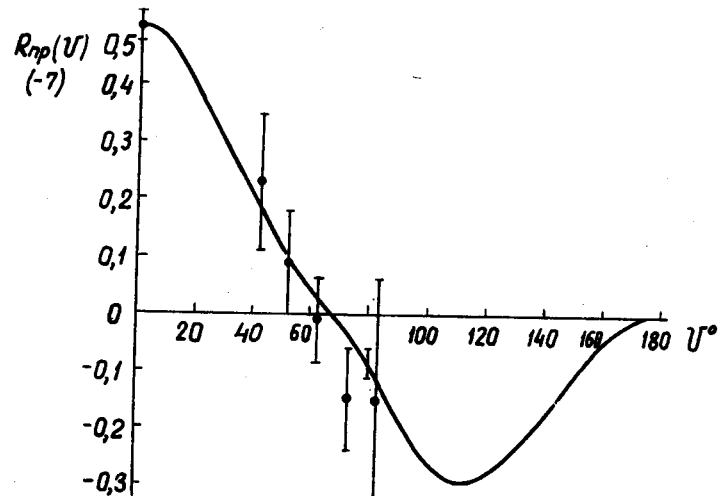
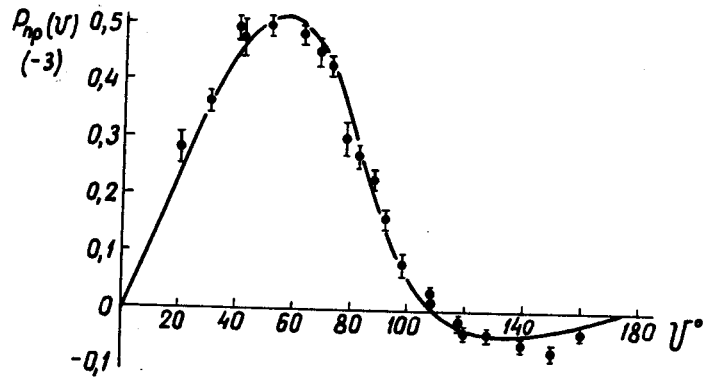
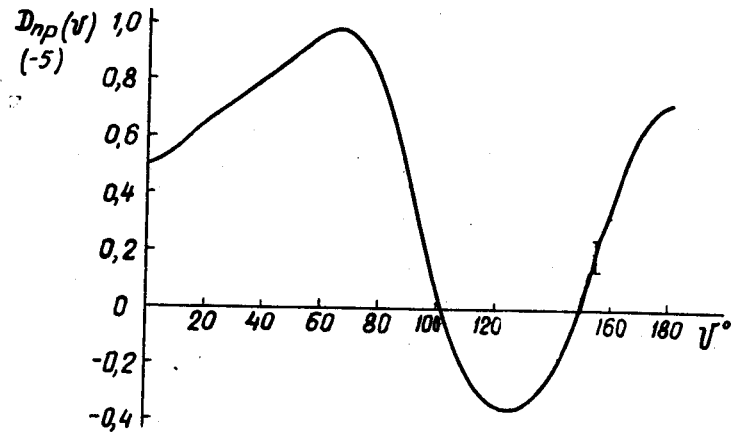
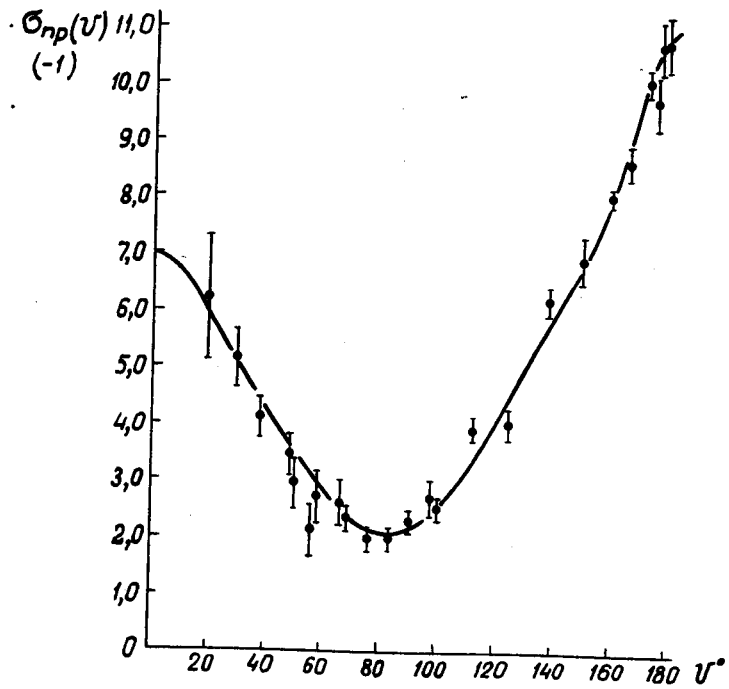


Рис. 2

Расчетные зависимости экспериментально измеряемых величин от угла рассеяния. Коридор ошибок в том случае, когда ошибки превышают 5%, показан вертикальными отрезками.

■ - Экспериментальные данные, по которым проводился фазовый анализ.

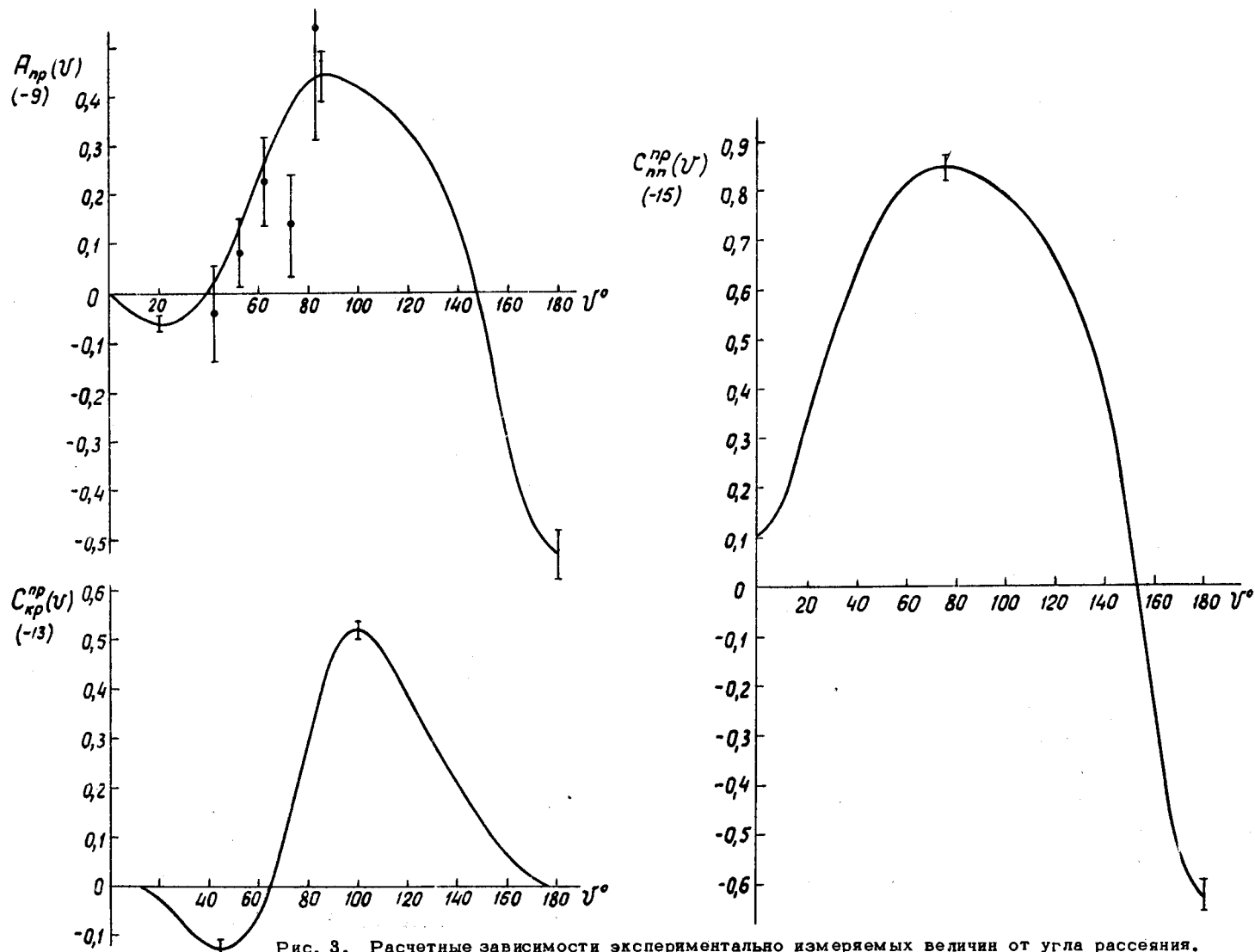


Рис. 3. Расчетные зависимости экспериментально измеряемых величин от угла рассеяния. Коридор ошибок в том случае, когда ошибки превышают 5%, показан вертикальными отрезками.

■ - Экспериментальные данные, по которым проводился фазовый анализ.

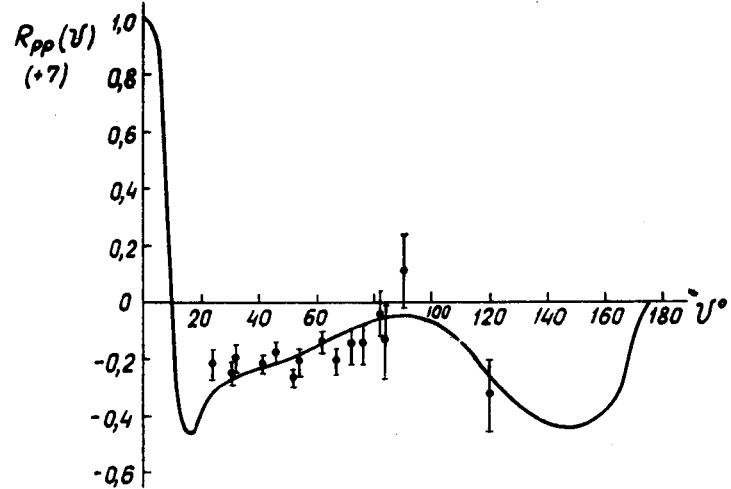
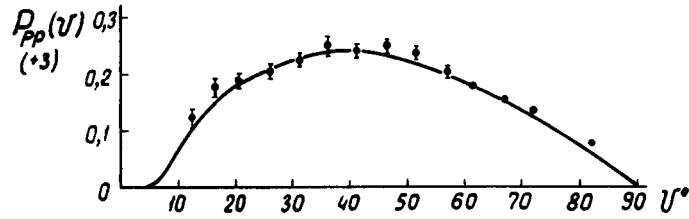
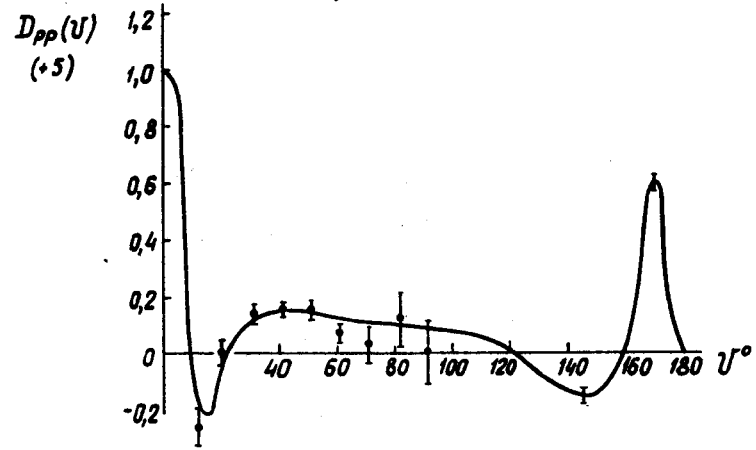
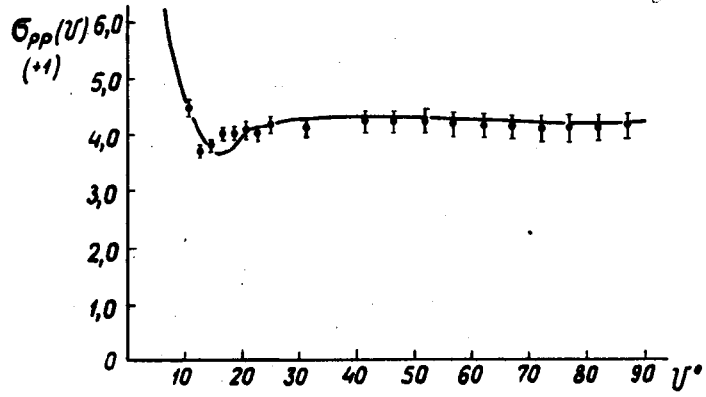


Рис. 4. Расчетные зависимости экспериментально измеряемых величин от угла рассеяния. Коридор ошибок в том случае, когда ошибки превышают 5%, показан вертикальными отрезками.

⊞ - Экспериментальные данные, по которым проводился фазовый анализ.

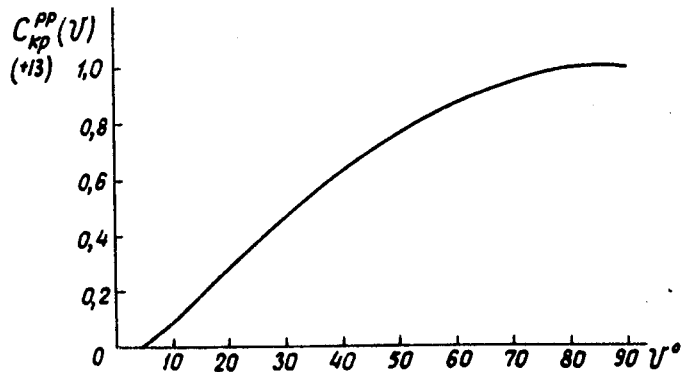
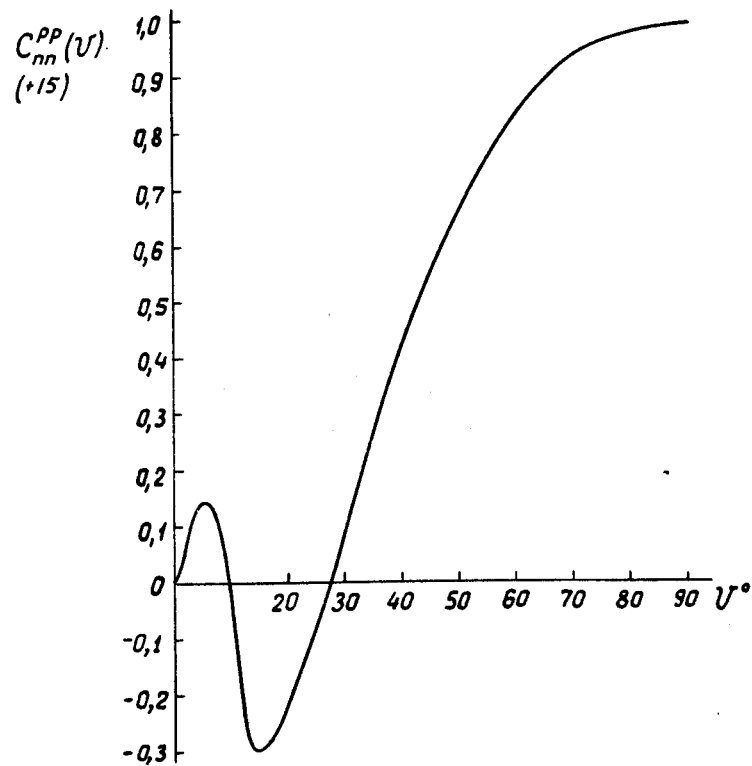
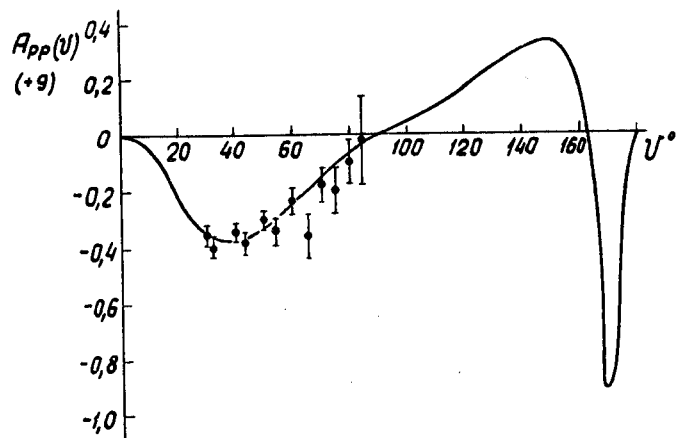


Рис. 5. Расчетные зависимости экспериментально измеряемых величин от угла рассеяния. Коридор ошибок в том случае, когда ошибки превышают 5%, показан вертикальными отрезками.

$\frac{1}{2}$ - Экспериментальные данные, по которым проводился фазовый анализ.

Замечание при корректуре

Для окончательного выяснения того, насколько хорошо фазовые сдвиги, найденные Брайтом и др. и Хамадой и Джонсоном, удовлетворяют экспериментальным данным, было проведено уточнение фазовых сдвигов, приведенных в работе Хамады и Джонсона^{/10/}, по данным таблицы 1. В результате получено решение, фазовые сдвиги которого в порядке, указанном в таблице 2, соответственно равны: $0,059 \pm 0,009$

$18,0 \pm 0,6$,	$31,6 \pm 0,8$,	$6,8 \pm 0,5$,	$-24,2 \pm 1,8$,	$-18,0 \pm 0,2$,	
$14,8 \pm 0,2$,	$-3,7 \pm 2,36$,	$-18,6 \pm 0,7$,	$5,7 \pm 0,2$,	$18,2 \pm 1,2$,	$-3,9 \pm 1,2$,
$-2,7 \pm 1,4$,	$-0,2 \pm 0,3$,	$-0,2 \pm 0,2$,	$1,6 \pm 0,2$,	$0,2 \pm 0,2$,	$3,3 \pm 1,1$,
$-3,7 \pm 0,9$,	$0,4 \pm 0,1$,	$2,5 \pm 0,7$,	$-0,2 \pm 0,5$.	Решение имеет $\epsilon_1 > 0$. Фа-	

зовые сдвиги близки к приведенным в таблице 2. Однако заметные в двух трех случаях отклонения приводят к значению χ^2 , вероятность появления которого не превышает нескольких процентов.