

6
-14



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем
Лаборатория теоретической физики

Ю.М. Казаринов, И.Н. Сялин

P-970

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ
НУКЛОН-НУКЛОННОГО РАССЕЯНИЯ
ПРИ ЭНЕРГИИ 40,95,147,310 МЭВ

ж.ЭТФ, 1962, т.43, в.4, с.1385-1393.

Ю.М. Казаринов, И.Н. Силин

P-970

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ
НУКЛОН-НУКЛОННОГО РАССЕЯНИЯ
ПРИ ЭНЕРГИИ 40,95,147,310 МЭВ

1459/1/6541

ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1962 год

Удовлетворительные результаты совместного фазового анализа, полученные при энергии 210 Мэв^{/1/}, побудили авторов продолжить исследования и провести фазовый анализ нуклон-нуклонного рассеяния при энергиях 40,95, 147, 310 Мэв. На указанных энергиях фазовый анализ $p p$ -данных был выполнен ранее в работах^{/2,3,4/}. $p p$ -данные были обработаны только при энергии 95 Мэв^{/5/}. Однако при этом в работе^{/5/} не был учтен одномезонный обмен и не определялись ошибки фазовых сдвигов.

Программа фазового анализа точно совпадала с использованной авторами ранее в работе^{/1/} и поэтому не описывается. Обработанные экспериментальные данные приведены в таблице 1. В таблице 2 даны условия, при которых проводился поиск решений со случайных исходных точек и результаты поиска.

Р е з у л ь т а т ы

Из таблицы 2 видно, что первоначальный поиск решений при $T = 95$ Мэв проводился при $\ell_{\max} = 2$. При этом, однако, было установлено, что полученные решения плохо описывают зависимость поляризации от угла рассеяния. Это заставило увеличить ℓ_{\max} до трех и уточнить найденные фазовые наборы. Затем при дополнительных поисках с $\ell_{\max} = 3$ было найдено еще одно решение - набор 1 табл. 3, 4. На уровне $\chi^2 < 1,5 \bar{\chi}^2$ /вероятность появления $\chi^2 > 1,5 \bar{\chi}^2$ во всех случаях меньше 0,05/ число решений достигает пяти^{x/}, в то время как при энергии 310 и 147 Мэв оно не превышает двух. Это обстоятельство, скорее всего, является результатом недостатка информации. Как выяснилось, в настоящее время можно, однако, указать соображения, по которым решения 3 и 4, по-видимому, должны быть отброшены. В работе^{/6/} было показано, что сечение обменного $n d$ -рассеяния по характеру зависимости от элементов матрицы рассеяния эквивалентно параметрам тройного рассеяния и в силу этого при проведении фазового анализа может быть использовано взамен отсутствующих данных по тройному рассеянию. Наборы 1а, 2, 3, 4 дают для отношения $\frac{\sigma_{nd}}{\sigma_{np}}$ при $\theta = 180$ значения $0,548 \pm 0,018$; $0,45 \pm 0,026$; $0,18 \pm 0,02$ и $0,036 \pm 0,020$, соответственно. Экспериментальное значение этой величины на углах близких к 180 равно примерно $0,4$ ^{/21/}. Если, кроме того, учесть, что константа π - мезон-нуклонного рассеяния $r^2 = 0,08$, χ^2 для наборов 3 и 4 возрастает до величины, заметно превышающей $1,5 \bar{\chi}^2$. Следует заметить также, что эти наборы не имеют аналогов при других энергиях. Из двух решений первого типа /набор 1 и 1а/ при $T = 95$ Мэв по фазовым сдвигам $^1 S_0, ^1 F_3, ^3 F_2, ^3 F_3, ^3 F_4$ с решениями первого типа при больших энергиях лучше согласуется набор 1. Набор 1а имеет, по-видимому, несколько завышенные значения фазовых сдвигов F - волны.

^{x/} В связи с этим авторы несколько удивлены тем, что в работе^{/5/} при поиске решений с $\ell_{\max} = 5$ было найдено только одно решение.

Таблица I.

Средн. энергия Т мэв.	Измеренная величина	Число точек	Энергия, при которой велись измерения (Мэв)	Литературный источник	Примечание
40	σ_{pp}	27	39,4	24	Данные усреднены
	P_{pp}	1	39,4	4	
	σ_{np}	33	42	7(H3), 23	
	P_{np}	6	40	17	
95	σ_{pp}	14	95	4	Данные перенормированы в соответствии с работой 8 и усреднены
	P_{pp}	14	95	4	
	D_{pp}	5	98	4	
	σ_{np}	36	90-93	7(H3, s6, w2, s7, F2, C6)	
	P_{np}	15	95	9	
147	σ_{pp}	21	147	15	Данные усреднены
	P_{pp}	14	147	15	
	D_{pp}	9	147, 143	16, 17	
	R_{pp}	14	140, 142	18, 19	
	σ_{np}	24	156	7(R2)	
	P_{np}	8	143	20	
310	σ_{pp}	14	340	2	Данные усреднены
	P_{pp}	7	310	10	
	D_{pp}	6	310	10	
	R_{pp}	6	310	10	
	A_{pp}	3	316	11	
	C_{nn}	1	320, 310	12, 13	
	σ_{np}	17	300	7(D8)	
	P_{np}	16	310	10	
	D_{np}	3	310	14	

Обозначения: σ - дифференциальное сечение рассеяния,
 P - поляризация, D - деполаризация,
 R и A - параметры тройного рассеяния,
 C_{nn} - корреляция нормальных компонент поляризации

Таблица 2.

№	Средняя энергия T Изв	l_{max}	\bar{x}^2	Число поисков со случайных точек	№ решения	x^2	Примечание
1	310	3	56	95	1 2 3	61,0 75,7 101,3	
2	147	3	73	78	1 2 3 4	73,5 146,6 112,7 112,1	По фазовым сдвигам $t=1$, соответствует решению 2
3	95	3 2	72	71	1 1 ^a 2 3 4	82,8 120 198 235 178	
4	40	2 1	52		1 1	53,0 125,7	

Примечание: Начиная с орбитальных моментов l_{max} , амплитуда нуклон-нуклонного рассеяния при поиске решений бралась в одномезонном приближении.

При энергии 310 Мэв добавление $p p$ -данных не изменило положения в отношении неоднозначности по фазовым сдвигам $t = 1$, обнаруженной впервые при фазовом анализе $p p$ -рассеяния в работе^{/2/}. В нашем случае наборы 1 и 2 отличаются также только по фазовым сдвигам волн $t = 1$. Возможно, это результат того, что $p p$ -эксперименты выполнены только в передней полусфере даже в тех случаях, когда нет симметрии относительно угла $90^\circ(D_{pp}, A_{pp}, R_{pp})$.

При энергии 147 Мэв найден единственный набор с $\chi^2 < 1,5 \chi^2$. По фазовым сдвигам волн $t = 1$ этот набор соответствует наборам 1 при энергиях 95 и 310 Мэв. Попытки найти аналог набора 2 при этой энергии успехом не увенчались. Набор, найденный с исходных значений фазовых сдвигов, полученных экстраполяцией набора 2 с энергией 210^{/1/} и 310 Мэв до энергии 147 Мэв, дает $\chi^2 = 146$ и, таким образом, отбрасывается. Необходимо заметить, что фазовые сдвиги как наборов 1, так и наборов 2 в интервале энергий 40 ÷ 310 Мэв монотонно зависят от энергии и легко экстраполируются с одной энергии на другую. Экстраполяцией, например, был найден на энергии 40 Мэв набор 1, в то время как поиск решений по общей программе при $l_{\max} = 2$ достаточно затруднителен. При 60 попытках число найденных решений с $\chi^2 = 50$ равно восьми, при этом половина из них имеет неправдоподобно высокое значение δ_{3D_1} . При поиске с $l_{\max} = 1$ набор 1 легко обнаруживается.

Для энергии 147 Мэв было исследовано также насколько сдвигаются найденные решения, если данные по деполаризации в $p p$ -рассеянии взять либо из работы^{/16/}, либо из работы^{/17/}, не усредняя результатов этих двух групп^{x/}. При этом было обнаружено, что средние значения фазовых сдвигов в этих двух случаях практически совпадают, расчетная кривая для набора 1 проходит, однако, ближе к данным работы^{/16/}.

Фазовый анализ нуклон-нуклонного рассеяния был выполнен авторами в предположении, что масса виртуального π -мезона, которым обмениваются нуклоны при столкновении, равна 140 Мэв. В связи с этим было интересно посмотреть, насколько сильно изменение массы π -мезона влияет на результаты. Для этого при разных значениях μ -находился минимум функционала M по всем фазовым сдвигам и константе π -мезон-нуклонного взаимодействия решений 1 и 2 для $l_{\max} = 3$. Таким способом было найдено, что все фазовые сдвиги-весьма устойчивы к изменению μ и в указанном в таблице 3 интервале масс практически не меняются. В противоположность этому константа π -мезон-нуклонного взаимодействия достаточно сильно зависит от выбора величины μ и при изменении μ от 135 до 210 Мэв при энергии 210 Мэв среднее значение, например, возрастает в три с лишним раза. При этом $\chi^2 / \mu = 140$, $f^2 = 0,08$ превышает χ^2_{\min} , однако, не более чем на несколько единиц. Таким образом, μ и f^2 в минимуме χ^2 отличаются от известных значений не более, чем на одну - две ошибки.

^{x/} Известное расхождение результатов измерений D_{pp} в Харварде и Харуэлле было в значительной степени устранено, однако средние значения D_{pp} по результатам этих групп все еще систематически различаются.

Найденные наборы фазовых сдвигов с их ошибками даны в таблицах 4-7. Используемый способ определения ошибок дает правильный результат только в том случае, если при отыскании решения наблюдается быстрая сходимость^{/1/}. Последнее обычно имеет место при достаточно полном эксперименте, выполненном с хорошей точностью. Если же экспериментальные данные недостаточно полны или имеют большие ошибки, то ошибки фазовых сдвигов получаются в среднем завышенными. Это особенно сильно сказалось при энергии 95 Мэв для набора 1а при $l_{max} = 3$. В этом случае ошибка определялась по изменению фазовых сдвигов при случайных смещениях экспериментальных точек либо относительно их средних значений, либо относительно вероятных значений экспериментальных величин. В общей сложности точки смещались двенадцать раз. В одном случае при этом, правда, отклонения найденных параметров превышали тройную ошибку, указанную в таблице 4. Выполнение подобной процедуры для наборов 1 и 2, найденных при энергии 210 Мэв для $l_{max} = 3$, показало, что при хорошей сходимости оба метода определения ошибок дают один и тот же результат. При этом было обнаружено также, что в этом случае разность $\Delta \chi^2 = \chi_2^2 - \chi_1^2$ при случайных смещениях экспериментальных точек меняется весьма слабо, оставаясь примерно равной начальной величине $\Delta \chi^2 = 33/\text{см. табл. 6/}$. Это указывает на то, что оба решения заметно коррелированы и, следовательно, при выборе одного из них вряд ли следует пользоваться χ^2 - критерием^{/1/}. Оценки показывают, что вероятность того, что при повторных изменениях экспериментальных данных χ_2^2 будет меньше или равно χ_1^2 , меньше одного процента.

Фазовые сдвиги волн $l = 1$ хорошо согласуются с данными анализа p_p -рассеяния, выполненного в работах^{/2,3,4/}. Интересно отметить, что фазовые наборы 1 и 2 дают совершенно разную картину p_p -рассеяния в синглете. При энергии 147, 210 и 310 Мэв так же, как это было ранее замечено в работе^{/5/} для энергии 95 Мэв, рассеяние на углы, близкие к 180° , происходит, в основном, только в синглетных состояниях p_p -системы, если считать сечение p_p -рассеяния по фазовым сдвигам первого набора. Если же пользоваться при расчетах набором 2, этого не наблюдается.

Экспериментально различить наборы 1 и 2, по-видимому, можно, измерив A_{pp}, R_{pp} на углах $\theta > 90^\circ$ или C_{kp} на угле 40° для энергии 210 и 310 Мэв.

З а к л ю ч е н и е

Подводя итог, необходимо отметить следующее:

1. Известные экспериментальные данные по рассеянию нуклонов нуклонами в области энергий 95-310 Мэв удовлетворительно описываются в предположении, что, начиная с орбитальных моментов $l > 3$, амплитуда рассеяния достаточно точно дается одно-мезонным приближением /см. рис. 1/. Среднее значение константы π -мезон-нуклонного взаимодействия при этом равно $0,078 \pm 0,003$ и хорошо согласуется с величиной, найденной из опытов по π - p -рассеянию $f^2 = 0,080 \pm 0,002$ ^{/21/}.

Таблица 3.

τ	μ MeV	135	140	150	160	170	180	190	200	210	240	Примеч.
		f^2	0,071	0,080	0,098		0,146	0,176	0,210	0,250	0,297	
χ^2	99,8	98,2	95,7		92,8	92,2	92,0	92,3	92,8			
$\tau = 210$ МэВ	f^2		0,079		0,124			0,227	0,274	0,380	0,540	набор 2 ^{x/}
	χ^2		131,9		125,9			121,1	120,0	120,2	121	
$\tau = 147$ МэВ	μ MeV		140		160		180					
	f^2		0,065		0,099		0,148					набор 1
	χ^2		73,4		73,3		73,6					
$\tau = 310$ МэВ	μ MeV	80	100	120	135	140						
	f^2	0,02	0,04	0,05	0,08	0,09						набор 1
	χ^2	56,6	57,4	57,8	58,7	59						

x/ Цифрами 1 и 2 обозначены наборы ν_1 и ν_2 с работы⁽¹⁾, соответственно.

Таблица 4

ФАЗОВЫЕ СДВИГИ

(nuclear bar phase shifts)

в градусах.

	T = 95 МэВ			T = 40 МэВ
	Набор I ^a	Набор 2	Набор I	Набор I
χ^2	81,0	86,4	82,8	53,0
1s_0	16,43 \pm 2,50	-4,32 \pm 2,28	29,20 \pm 1,61	44,50 \pm 1,85
3s_1	44,40 \pm 1,2	35,42 \pm 1,14	44,83 \pm 3,64	60,73 \pm 3,32
f^2	0,071 \pm 0,0083	0,074 \pm 0,012	0,076 \pm 0,011	0,08 -фикс.
3p_0	12,25 \pm 1,79	-21,12 \pm 1,13	5,79 \pm 3,25	-0,13 \pm 7,85
1p_1	-21,24 \pm 4,5	15,57 \pm 2,31	-24,77 \pm 5,93	-3,42 \pm 1,14
3p_1	-11,72 \pm 0,47	8,40 \pm 1,55	-12,60 \pm 1,48	-6,02 \pm 2,81
3p_2	12,98 \pm 0,5	13,06 \pm 0,52	10,54 \pm 0,46	5,87 \pm 0,40
ϵ_1	-5,86 \pm 1,40	24,15 \pm 1,13	-9,97 \pm 5,49	-21,16 \pm 5,94
3d_1	-13,49 \pm 1,06	-7,36 \pm 1,53	-7,13 \pm 6,42	3,95 \pm 3,32
1d_2	2,14 \pm 0,70	1,43 \pm 0,75	1,12 \pm 1,88	1,48 \pm 0,18
3d_2	8,91 \pm 2,05	-9,10 \pm 1,37	1,00 \pm 3,43	-1,90 \pm 2,60
3d_3	-0,45 \pm 0,63	-5,20 \pm 0,53	3,18 \pm 3,73	0,33 \pm 1,51
ϵ_2	-2,55 \pm 0,38	-1,14 \pm 0,72	0,57 \pm 1,79	
3f_2	4,24 \pm 0,55	7,03 \pm 0,24	1,30 \pm 0,35	
1f_3	-3,82 \pm 0,70	-6,53 \pm 0,55	-3,01 \pm 0,90	
3f_3	-2,87 \pm 0,43	-3,79 \pm 0,17	1,92 \pm 0,75	
3f_4	1,56 \pm 0,23	1,45 \pm 0,17	1,54 \pm 0,21	

Таблица 5.

ФАЗОВЫЕ СДВИГИ

(nucleare bar phase shifts)

В ГРАДУСАХ

при $T = 147$ МэВ для $\ell_{\max} = 3$.

	Набор I (i^2 фиксировано)	Набор I	Набор 2
χ^2	79,19	73,45	146,57
1s_0	$16,81 \pm 0,63$	$17,13 \pm 0,64$	$-17,93 \pm 0,90$
3s_1	$27,34 \pm 1,67$	$27,58 \pm 1,65$	$20,81 \pm 1,24$
i^2	0,08 фикс	$0,0645 \pm 0,0067$	$0,053 \pm 0,010$
3s_0	$6,57 \pm 0,63$	$6,91 \pm 0,63$	$-23,60 \pm 0,22$
1p_1	$-17,06 \pm 3,6$	$-18,05 \pm 3,26$	$17,28 \pm 2,82$
3p_1	$-18,31 \pm 0,25$	$-18,28 \pm 0,25$	$7,14 \pm 0,33$
3p_2	$14,31 \pm 0,17$	$14,29 \pm 0,17$	$15,12 \pm 0,23$
ϵ_1	$-1,93 \pm 2,29$	$-2,45 \pm 2,18$	$27,80 \pm 1,28$
3d_1	$-13,49 \pm 1,59$	$-13,28 \pm 1,58$	$-4,03 \pm 1,24$
1d_2	$6,03 \pm 0,21$	$6,05 \pm 0,22$	$7,07 \pm 0,23$
3d_2	$23,72 \pm 2,05$	$23,65 \pm 2,05$	$-0,75 \pm 2,72$
3d_3	$-0,73 \pm 1,65$	$-0,66 \pm 1,66$	$-4,36 \pm 0,71$
ϵ_2	$-2,39 \pm 0,22$	$-2,40 \pm 0,22$	$-2,84 \pm 0,24$
3f_a	$-0,88 \pm 0,48$	$-1,02 \pm 0,5$	$-2,33 \pm 0,26$
1f_3	$-1,64 \pm 1,46$	$-1,14 \pm 1,28$	$-5,61 \pm 1,10$
3f_3	$-0,75 \pm 0,45$	$-0,71 \pm 0,48$	$-0,95 \pm 0,25$
3f_4	$0,13 \pm 0,25$	$0,073 \pm 0,26$	$-1,03 \pm 0,15$

Таблица 6.

ФАЗОВЫЕ СДВИГИ (nuclear bar phase shifts)

В градусах

ДЛЯ $\ell_{max} = 3$

	T = 310 МэВ		T = 210 МэВ	
	Набор I	Набор 2	Набор I	Набор 2
χ^2	59,0	69,9	98	132
1s_0	-6,05±1,56	-26,60±1,90	4,52± 0,50	-16,15±0,67
3s_1	-6,24±2,56	- 2,65±4,03	12,86±1,66	1,72±3,49
t^2	0,090±0,007	0,100±0,009	0,0797±0,0045	0,0785±0,0058
3p_0	-11,29±1,48	-27,95±3,98	-2,20±0,91	-27,07±0,89
1p_1	-23,67±3,54	-23,88±3,37	-30,12±1,61	-20,75±2,24
3p_1	-28,62±0,76	-9,55±1,06	-21,82±0,17	-2,24±0,44
3p_2	16,38±0,55	21,22±1,30	15,98±0,13	18,08±0,33
ϵ_1	21,71±2,57	22,89±3,84	8,11±1,63	33,02±1,38
3d_1	-22,96±1,60	-18,25±1,60	-18,54±1,39	-8,28±2,19
1d_2	11,48±0,48	4,46±0,54	7,14±0,19	3,94±0,24
3d_2	18,77±1,93	18,43±2,59	23,80±1,90	12,19±1,38
3d_3	1,01±1,24	1,88±1,50	1,77±1,41	-0,80 ±1,12
ϵ_2	-2,08±0,38	-8,13±0,45	-2,56±0,14	-6,24±0,14
3F_2	1,12±0,60	-0,33±1,27	1,82±0,34	1,60±0,52
1F_3	-5,00±1,32	-0,59±1,62	-5,10±0,49	-3,29±0,73
3F_3	-2,95±0,6	-0,22±0,43	-2,51±0,19	-2,29±0,14
3F_4	3,15±0,32	3,15±0,72	2,09±0,18	1,60±0,33

ТАБЛИЦА 7.

Фазовые сдвиги для $\ell_{max} > 3$

в градусах.

	310 МэВ			
	Набор 1	Набор 1	Набор 2	Набор 2
x^2	52,3	37,0	57,9	36,5
1s_0	-6,23 ± 1,62	-7,67 ± 1,77	-23,28 ± 2,85	-19,21 ± 2,95
3s_1	-6,82 ± 3,21	-9,02 ± 3,37	14,53 ± 8,60	12,13 ± 8,89
f^2	0,080 ± 0,013	0,083 ± 0,024	0,109 ± 0,015	0,072 ± 0,027
3p_0	-11,24 ± 1,53	-12,45 ± 1,98	-31,61 ± 6,62	-36,58 ± 6,78
1p_1	-25,32 ± 3,93	-23,78 ± 4,11	-25,09 ± 5,98	-25,03 ± 5,28
3p_1	-28,17 ± 0,88	-28,16 ± 1,10	-10,04 ± 1,04	-11,47 ± 1,03
3p_2	16,79 ± 0,61	16,64 ± 0,63	20,33 ± 1,77	18,91 ± 1,47
ϵ_1	21,24 ± 3,47	19,30 ± 4,27	17,01 ± 3,52	18,32 ± 4,18
3d_1	-21,39 ± 1,62	-22,45 ± 1,81	-25,72 ± 3,89	-28,31 ± 4,82
1d_2	11,36 ± 0,49	10,70 ± 0,85	4,22 ± 0,54	4,13 ± 0,60
3d_2	20,82 ± 2,81	22,02 ± 3,00	14,73 ± 5,02	12,60 ± 5,76
3d_3	1,50 ± 1,43	1,95 ± 1,44	-3,39 ± 3,43	-1,85 ± 3,71
ϵ_2	-2,00 ± 0,40	-2,27 ± 0,54	-8,43 ± 0,40	-8,90 ± 0,52
3f_2	1,55 ± 0,67	1,13 ± 0,74	0,98 ± 1,66	0,25 ± 1,59
1f_3	-5,30 ± 1,49	-5,10 ± 2,11	-0,65 ± 2,81	-3,45 ± 3,12
3f_3	-3,19 ± 0,66	-3,77 ± 0,76	-0,53 ± 0,54	-0,21 ± 0,56
3f_4	3,31 ± 0,38	2,95 ± 0,44	3,44 ± 0,78	2,66 ± 0,83
ϵ_3	3,66 ± 2,16	3,03 ± 2,40	11,04 ± 1,30	12,06 ± 1,31
3g_3	-6,52 ± 2,33	-7,41 ± 2,87	4,09 ± 1,77	-3,46 ± 1,87
1g_4	1,30 ± 0,33	1,67 ± 0,36	1,65 ± 0,45	1,51 ± 0,56
3g_4	8,60 ± 1,40	9,12 ± 1,55	5,39 ± 1,85	3,60 ± 3,08
3g_5	-1,04 ± 1,17	-1,11 ± 1,21	-2,03 ± 1,54	-1,51 ± 1,66
ϵ_4		-1,01 ± 0,39		-1,66 ± 0,33
3h_4		1,72 ± 0,53		2,16 ± 0,56
1h_5		-2,26 ± 1,45		1,67 ± 1,73
3h_5		-0,80 ± 0,65		-1,57 ± 0,39
3h_6		1,42 ± 0,35		1,29 ± 0,50

2. Выбор наиболее достоверного из найденных решений в каждом отдельном случае затруднителен. Проследив энергетическую зависимость фазовых сдвигов, однако, можно думать, что наиболее вероятным является фазовый набор 1. Следует заметить, что энергетические зависимости фазовых сдвигов набора 1 весьма просты. Фазовые сдвиги δ_{1s_0} и δ_{3s_1} положительны при энергии 40 Мэв, с ростом энергии убывают, переходя через нуль при энергии $240 \div 260$ Мэв. δ_{3p_0} положительна, имеет максимум на энергии $90 + 100$ Мэв, убывая с ростом энергии, переходит через нуль примерно на энергии $180 + 190$ Мэв. Остальные фазовые сдвиги в исследованном интервале энергий по абсолютной величине монотонно увеличиваются с энергией /рис. 2 и 3/.

3. Фазовые сдвиги волн $t = 0$, $t = 1$ по величине в среднем примерно одинаковы. Таким образом, в исследованном интервале энергий нуклоны в различных состояниях по изотопическому спину взаимодействуют одинаково интенсивно.

Авторы благодарны проф. Я.А. Смородинскому и С.Н. Соколову за обсуждение результатов работы.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.М. Казаринов, И.Н. Силин. ЖЭТФ /в печати/.
2. H.P. Stapp, T.Y. Upsilon, N. Metropolis. *Phys.Rev.* 105, 302, 1957; P.Ciffra, M.H. MacGregor, M.I. Moravcsik, H.P. Stapp, *Phys. Rev.* 114, 880, 1959; M.H. MacGregor, M.I. Moravcsik, H.P. Stapp. *Phys.Rev.* 116, 1248, 1960.
3. R. C. Stabler, E.L. Lomon. *Nuovo Cimento* 15, 150, 1960.
И.М. Гельфанд, А.Ф. Грашин, Л.Н. Иванова. ЖЭТФ, 40, 1338, 1961.
4. M.H. MacGregor, M.I. Moravcsik, H.P. Noyes. *Phys.Rev.* 123, 1835, 1960.
В.А. Боровиков, И.М. Гельфанд, А.Ф. Грашин, И.Я. Померанчук. ЖЭТФ, 40, 1108, 1061.
5. M.H. MacGregor. *Phys.Rev.* 123, 2154, 1961.
6. Л.И. Лapidус. ЖЭТФ, 32, 1437, 1957.
7. W.H. News. *Rev.Mod.Phys.* 30, 368, 1958.
8. Н.С. Амаглобели, Ю.М. Казаринов, С.Н. Соколов, И.Н. Силин. ЖЭТФ, 39, 948, 1960.
9. G.H. Stafford, C. Whitehead, P. Hillman. *Nuovo Cim.* 5, 1589, 1957.
10. O. Chamberlain, E. Segre, R.D. Tripp, C. Wiegand, T. Upsilon. *Phys.Rev.* 105, 288, 1957.
11. J. Simmons. *Phys.Rev.* 104, 416, 1956.
12. J.V. Alloby, A. Ashmore, A.N. Diddence, J. Eades, G.B. Huxtable, K. Skarsvag. *Proc. Phys. Soc.*, 77, 234, 1961.
13. И.М. Василевский, В.В. Вишняков, Е. Илиеску, А.А. Тяпкин. ЖЭТФ, 39, 889, 1960.
14. D.L. Fischer UCRL 3281.
15. I. Palmieri, A.M. Cormack, N.F. Ramsey, R. Wilson. *Ann.Phys.* 5, 299, 1958.
16. C.F. Hwang, T.R. Ophel, E.H. Thorndike, R. Wilson. *Phys.Rev.*, 119, 352, 1960.

17. B. Rose, Proc. 1960 Ann. Intern. Conf. on High Energy Phys.

18. L. Bird, D.N. Edwards, R. Rose, A.C. Taylor, E. Wood. Phys.Rev. Lett. 4, 302, 1960.

19. E.H. Thorndike, J. Lefrancois, W. Shaer, R. Wilson. Phys.Rev. 120, 1819, 1960.

20. A.F. Kuckes, R. Wilson. Phys.Rev. 121, 1226, 1961.

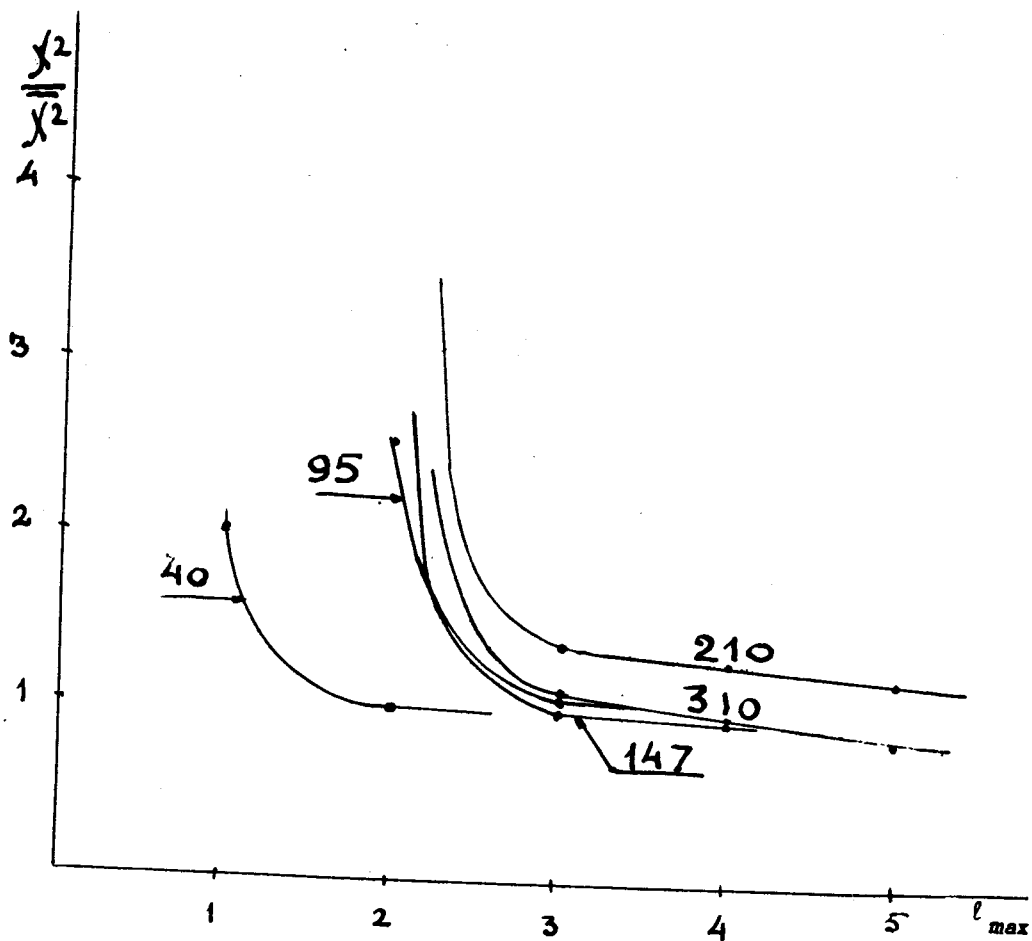
21. G.F. Chew. Phys.Rev. 84, 710, 1951.

22. W.S. Woolcook. Proc. 1960 Ann. Intern. Conf. on High Energy Phys. p. 302, 1960.

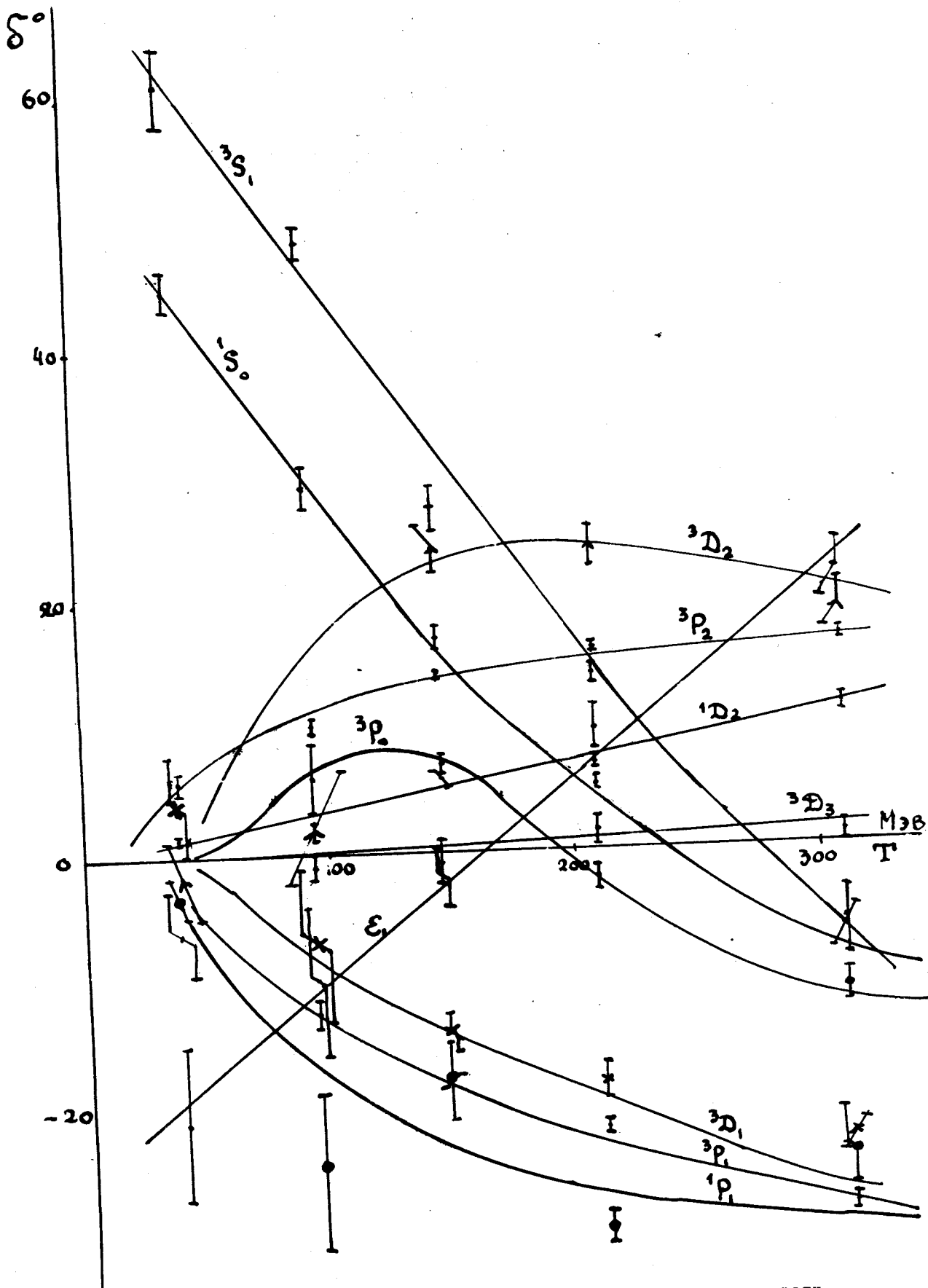
23. P.H. Bowen, et al Nuclear Forces and Few Nucleons Problems, Proc. Intern. Conf. Univers. College on
8-11. 7. 1959. 1, 99, 1960.

24. I.H. Jonston, D.A. Swenson. Phys. Rev. 111, 212(1958).

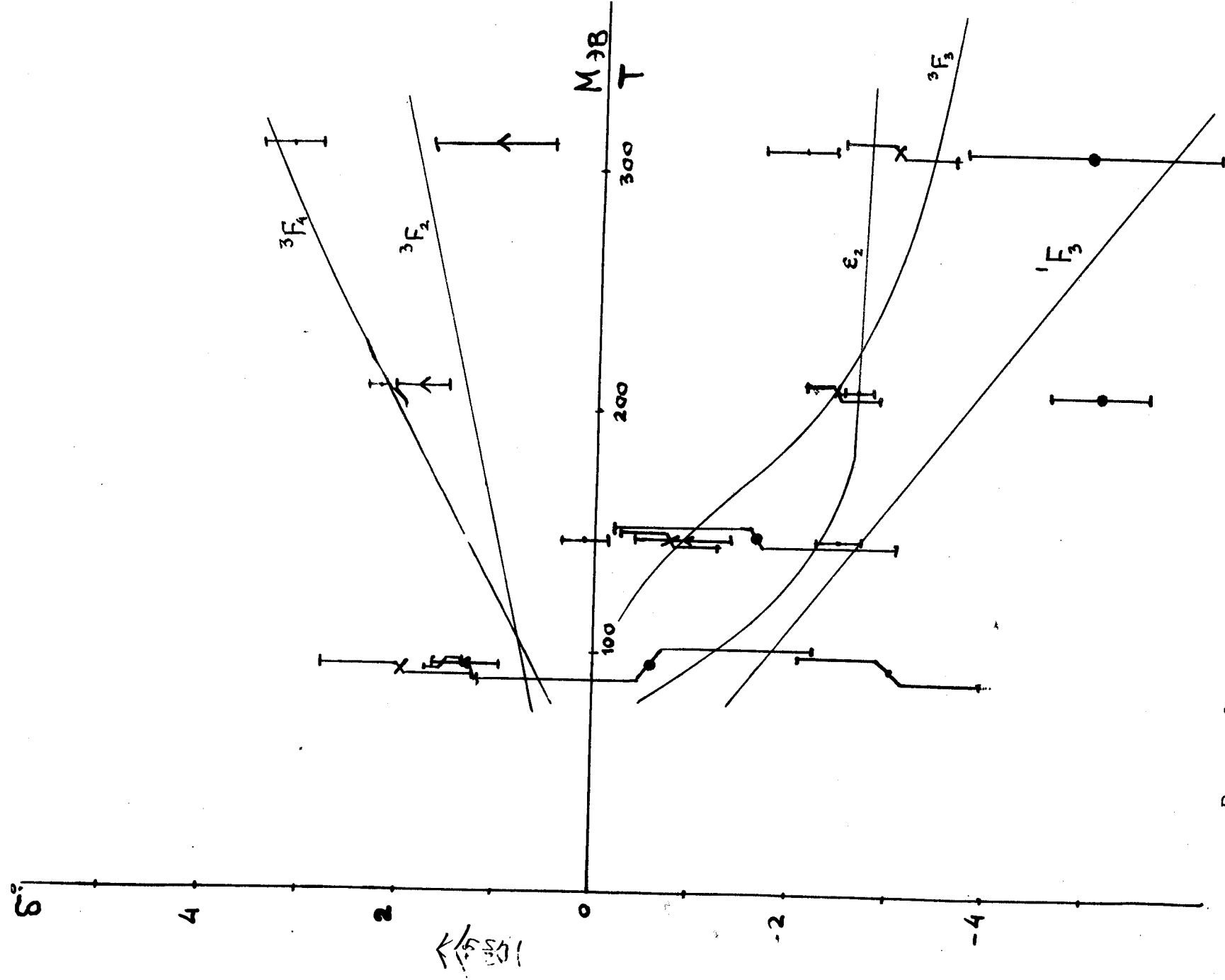
Рукопись поступила в издательский отдел
13 апреля 1962 года.



Р и с. 1. Зависимость $\frac{x^2}{\bar{x}^2}$ от l_{max} .



Р и с. 2. Энергетическая зависимость фазовых сдвигов волн
 $1s_0, 3s_1, 1p_1, 3p_0, 3p_1, 3p_2, 1d_2, 3d_1, 3d_2, 3d_3$.



Р и с. 3. Энергетическая зависимость фазовых сдвигов волн