

6387

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P1 - 6387

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛА

Л.Н.Глonti, Ю.М.Казаринов, В.С.Киселев,
И.Н.Силин

МАТРИЦА УПРУГОГО НУКЛОН-НУКЛОННОГО
РАССЕЯНИЯ ПРИ ЭНЕРГИИ 630 МЭВ
II. Фазовый анализ NN-рассеяния

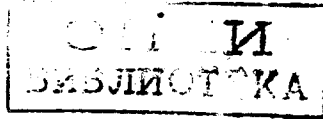
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1972

P1 - 6387

Л.Н.Глonti,^{*} Ю.М.Казаринов, В.С.Киселев,
И.Н.Силин

МАТРИЦА УПРУГОГО НУКЛОН-НУКЛОННОГО
РАССЕЯНИЯ ПРИ ЭНЕРГИИ 630 МЭВ
II. Фазовый анализ NN-рассеяния



* Тбилисский государственный университет

Фазовый анализ нуклон-нуклонного рассеяния при энергии 630 Мэв^{/1/} дал два, примерно равновероятных, набора фазовых сдвигов. Уточнение этих наборов по результатам измерения параметра тройного рассеяния A_{pp} ^{/2/} позволило дискриминировать один из них (набор 2 - по обозначениям ^{/1/}). Однозначность фазового анализа была получена в предположениях, что: 1) взаимодействие нуклонов с нуклонами в состояниях с орбитальными моментами $l > 5$ правильно описывается моделью одноопионного обмена (OPE) ; 2) мезообразование идет из начальных ${}^3P_{0,1,2}$, 1D_2 и ${}^3F_{2,3,4}$ состояний.

Сравнение разных вариантов фазового анализа NN-данных ^{/1,3/} показывает, однако, что предположения, использованные при его проведении, могут заметно менять характер и количество полученных решений. В связи с этим проверка указанных предположений представляет несомненный интерес. В настоящее время вряд ли можно указать следствия предположений, перечисленных в пунктах 1 и 2, которые можно было бы проверить экспериментально достаточно строго. Единственным способом проверки их сегодня, по-видимому, является проведение фазового анализа с изменением границ области применимости модели OPE и числа начальных состояний, из которых идет мезообразование. Если результаты, полученные при этом, покажут, что качество описания экспериментальных данных не улучшается, то это обстоятельство будет косвенным подтверждением использованных предположений, а, следовательно, и подтверждением результатов работы ^{/2/}. Появившаяся за последние годы обширная экс-

периментальная информация и уровень развития вычислительной техники позволяют провести такую проверку.

Изложенные здесь соображения побудили нас повторить фазовый анализ NN -данных при средней энергии 630 Мэв с измененными границами применимости модели OPE и с учётом полных сечений неупругого взаимодействия. Ниже приводятся результаты этого анализа. Естественно, что при решении задачи мы старались использовать максимальное число экспериментальных данных с целью уменьшить возможную неоднозначность результатов. Как и ранее, поиск решений фазового анализа проводился в два этапа. На первом этапе искали фазовые сдвиги для состояний с полным изотопспином $T = 1$, на основе информации по pp -рассеянию^{4/}. Затем эти фазовые сдвиги фиксировались, и велся поиск со случайных начальных значений фазовых сдвигов при $T = 0$ с использованием только np -данных. Полученные наборы уточнялись по полной совокупности NN -данных.

1. Экспериментальные данные

Со времени проведения фазового анализа^{1/} количество экспериментальных результатов по упругому рассеянию нуклонов нуклонами при энергиях, близких к 630 Мэв, возросло почти в два раза. Экспериментальная информация по pp -рассеянию приведена в работе^{4/}, np -данные - в приложении к настоящей работе, см. также^{5-20/}. Большая часть новых экспериментальных результатов получена при изучении pp -рассеяния. Количество np -данных относительно невелико. Опубликованы работы по измерению дифференциальных сечений при энергии 649 Мэв^{14/}, поляризации^{15/} и параметров тройного рассеяния^{2,15,19,20/}, которые ранее не измерялись.

В фазовом анализе были использованы перенормированные значения дифференциальных сечений pp и np -рассеяния и поляризации P_{pp} . Процедура перенормировки данных описана в работе^{4/}. Дифференциальные сечения np -столкновений нормировались на полное сечение упругого рассеяния $\sigma_{tot. el.}^{np} = 27,3 \pm 1,1$ мб, которое в интервале энергий 580-660 Мэв в пределах ошибок постоянно^{5/}. Нормировочные коэффициенты для разных измерений приведены в таблице 1. Перенормировка не устранила боль-

Таблица 1.

Обработанные экспериментальные данные.

| Эксп. величина | E, Мэв | число точек | норма ^{xx)} | | вклад в χ^2 | | | источник |
|--------------------------|---------|-------------|----------------------|--------------------------|------------------|------|-------|----------|
| | | | \mathcal{N} | $\pm \Delta \mathcal{N}$ | A1 | A2 | B1 | |
| ϵ_{tot}^{pp} | 615-640 | 4 | | | 4,9 | 6,1 | 5,0 | /16/* |
| ϵ_{pp}^{pp} | 610-640 | 5 | | | 9,8 | 7,8 | 7,5 | /16/* |
| $(d\sigma/d\Omega)_{pp}$ | 590 | 3 | 0,960 | 0,042 | 0,9 | 3,7 | 2,7 | /18/* |
| | 590 | 10 | 1,074 | 0,050 | 11,1 | 15,1 | 14,4 | /19/* |
| | 590 | 12 | 1,093 | 0,048 | 7,8 | 11,1 | 11,0 | /19/* |
| | 625 | 12 | 0,982 | 0,044 | 10,5 | 7,5 | 8,7 | /20/* |
| | 650 | 41(5) | 0,986 | 0,043 | 30,3 | 28,3 | 28,1 | /21/* |
| | 657 | 1 | 0,940 | 0,050 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | /22/* |
| | 660 | 5 | 1,024 | 0,057 | 6,5 | 4,6 | 2,9 | /23/* |
| | 660 | 7(7) | 0,964 | 0,038 | | | | /24/* |
| | 660 | 6(6) | 0,965 | 0,050 | | | | /25/* |
| 660 | 7(7) | 0,978 | 0,039 | | | | /26/* | |
| P_{pp} | 580 | 11 | 0,937 | 0,032 | 3,3 | 3,4 | 3,3 | /19/* |
| | 580 | 13 | 1,098 | 0,027 | 8,8 | 9,1 | 8,6 | /19/* |
| | 596 | 16 | 0,977 | 0,038 | 11,1 | 11,0 | 11,0 | /27/* |
| | 600 | 8 | 1,043 | 0,018 | 4,8 | 4,7 | 4,7 | /28/* |
| | 609 | 26(26) | 0,971 | 0,013 | | | | /29/* |
| | 614 | 8 | 1,173 | 0,084 | 4,5 | 4,2 | 4,5 | /30/* |
| | 635 | 14 | 0,978 | 0,027 | 9,9 | 9,9 | 9,1 | /31/* |
| | 635 | 6 | 0,893 | 0,044 | 6,8 | 6,3 | 6,0 | /33/* |
| | 635 | 9(1) | 1,040 | 0,028 | 9,7 | 8,2 | 8,3 | /32/* |
| | 635 | 25 | 1,022 | 0,010 | 8,8 | 8,8 | 9,6 | /34/* |
| D_{pp} | 600 | 1(1) | | | | | | /35/* |
| | 600 | 5(1) | | | 6,5 | 7,2 | 6,9 | /36/* |
| | 635 | 5 | | | 7,6 | 13,1 | 11,1 | /37/* |
| | 635 | 1(1) | | | | | | /33/* |
| | 635 | 9(1) | | | 12,3 | 10,7 | 14,9 | /38/* |
| | 660 | 2 | | | 3,1 | 3,8 | 3,0 | /39/* |
| 670 | 5 | | | 10,3 | 9,0 | 7,8 | /36/* | |
| R_{pp} | 600 | 3 | | | 3,4 | 0,6 | 9,2 | /40/* |
| | 605 | 3 | | | 3,8 | 6,5 | 4,2 | /41/* |
| | 635 | 5 | | | 9,1 | 6,5 | 2,9 | /42/* |
| | 670 | 4 | | | 4,8 | 4,6 | 9,3 | /40/* |
| A_{pp} | 608 | 5 | | | 10,5 | 3,5 | 7,7 | /43/* |
| R'_{pp} | 600 | 3 | | | 2,3 | 0,6 | 14,6 | /40/* |
| | 670 | 4 | | | 7,5 | 2,4 | 13,3 | /40/* |
| C_{pp}^{pp} | 605-640 | 5 | | | 6,3 | 13,5 | 12,4 | /44,45/* |
| C_{pp}^{np} | 605-660 | 3 | | | 0,6 | 1,0 | 1,4 | /44,47/* |
| ϵ_{tot}^{np} | 620-630 | 3 | | | 3,1 | 4,6 | 3,6 | /5/ |
| ϵ_{pp}^{np} | 620-630 | 2 | | | 6,4 | 7,2 | 7,3 | /5/ |
| $(d\sigma/d\Omega)_{np}$ | 580 | 3 | 0,984 | 0,066 | 0,6 | 0,5 | 0,2 | /8/ |
| | 580 | 14(14) | 0,893 | 0,041 | | | | /9/ |
| | 590 | 5 | 0,955 | 0,060 | 6,2 | 6,3 | 5,5 | /10/ |
| | 630 | 15(15) | 0,978 | 0,042 | | | | /11/ |
| | 630 | 10 | 0,841 | 0,041 | 4,9 | 2,3 | 5,8 | /12/ |
| | 630 | 21 | 1,070 | 0,045 | 18,2 | 28,6 | 16,6 | /13/ |
| | 649 | 32(32) | 0,667 | 0,028 | | | | /14/ |
| P_{np} | 600 | 8 | | | 13,9 | 10,5 | 12,7 | /15/ |
| | 605 | 4 | | | 6,6 | 3,4 | 4,3 | /12/ |
| | 605 | 3 | | | 3,4 | 8,4 | 6,0 | /18/ |
| | 635 | 9 | | | 9,6 | 7,6 | 17,6 | /17/ |
| D_{np} | 612-635 | 4 | | | 1,1 | 5,3 | 4,7 | /17,18/ |
| D'_{np} | 600 | 5 | | | 4,0 | 1,3 | 8,1 | /19/ |
| R_{np} | 605 | 3 | | | 15,0 | 6,1 | 8,3 | /16/ |
| A_{np} | 605 | 4 | | | 5,5 | 13,3 | 6,3 | /2/ |
| R'_{np} | 600 | 4 | | | 4,2 | 10,6 | 3,8 | /20/ |
| R''_{np} | 600 | 4 | | | 5,1 | 0,6 | 4,4 | /20/ |

х) В скобках указано число точек, исключенных из фазового анализа.

xx) Перенормированные значения параметров можно получить, разделив величину на приложений - I работы^{4/} и II наст. работы на норм.

*) Ссылка относится к работе^{4/}.

Таблица 2.

Фазовые сдвиги нуклон-нуклонного рассеяния вблизи энергии 630 Мэв ($l_{max} = 6$).

| фазовые сдвиги | набор А1 | | набор А2 | | набор А3 | | набор В1 | |
|----------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| | δ° | $\pm \Delta \delta^\circ$ | δ° | $\pm \Delta \delta^\circ$ | δ° | $\pm \Delta \delta^\circ$ | δ° | $\pm \Delta \delta^\circ$ |
| действительные части | | | | | | | | |
| 1S_0 | -26,0 | 2,7 | -45,2 | 3,8 | -52,9 | 3,1 | -30,8 | 2,6 |
| 3S_1 | -16,8 | 4,0 | 34,0 | 2,7 | 23,1 | 3,7 | -18,4 | 3,8 |
| 3P_0 | -62,3 | 3,6 | -87,0 | 7,3 | -107,4 | 6,0 | -18,1 | 2,6 |
| 1P_1 | -16,5 | 3,6 | -9,5 | 5,8 | -8,8 | 3,7 | -21,1 | 5,3 |
| 3P_1 | -38,5 | 2,0 | -46,1 | 4,0 | -54,6 | 6,1 | -32,9 | 1,5 |
| 3P_2 | 17,8 | 0,9 | 9,6 | 1,7 | 7,8 | 1,3 | 29,1 | 1,6 |
| 1D_2 | 13,5 | 3,7 | -27,2 | 3,4 | -32,2 | 1,8 | 6,3 | 3,5 |
| 3D_2 | -38,2 | 2,3 | 35,1 | 5,7 | 28,0 | 3,9 | -30,7 | 1,6 |
| 1D_2 | 9,3 | 1,7 | 3,4 | 2,4 | 8,1 | 2,2 | 12,4 | 2,4 |
| 3D_2 | 12,1 | 2,4 | 11,1 | 2,7 | 11,1 | 1,7 | 18,2 | 2,6 |
| 3D_3 | -7,9 | 1,3 | 10,7 | 1,9 | -0,3 | 2,3 | -8,1 | 1,5 |
| 1E_2 | 0,4 | 1,4 | 2,4 | 0,9 | 4,3 | 1,0 | 5,1 | 1,3 |
| 3F_2 | -5,7 | 1,5 | -9,8 | 1,4 | -10,0 | 1,4 | -3,2 | 1,0 |
| 1F_3 | -11,5 | 1,5 | -6,3 | 3,1 | -14,8 | 1,3 | -8,0 | 1,4 |
| 3F_3 | -1,1 | 1,1 | -1,5 | 0,9 | -2,3 | 0,9 | 1,1 | 0,6 |
| 3F_4 | 2,0 | 0,5 | 1,9 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 3,6 | 0,6 |
| 1E_3 | 9,3 | 1,6 | -6,1 | 2,0 | -6,1 | 2,0 | 11,8 | 0,9 |
| 3G_3 | -4,7 | 1,1 | 5,6 | 2,0 | -4,3 | 2,1 | -7,3 | 1,4 |
| 1G_4 | 5,5 | 0,6 | 3,7 | 1,0 | 4,3 | 0,7 | 6,3 | 0,6 |
| 3G_4 | 12,7 | 1,6 | 2,9 | 2,0 | 0,5 | 1,9 | 7,0 | 1,2 |
| 3G_5 | -1,6 | 0,8 | 5,0 | 1,0 | 0,1 | 1,2 | -4,5 | 1,0 |
| 1H_4 | -0,8 | 0,8 | 0,2 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 1,1 | 0,6 |
| 3H_4 | 0,9 | 0,5 | -1,1 | 0,9 | -3,2 | 1,0 | -2,9 | 0,6 |
| 1H_5 | -5,3 | 1,1 | -4,2 | 1,7 | -6,4 | 1,1 | -6,3 | 1,1 |
| 3H_5 | -4,4 | 0,6 | -2,9 | 0,7 | -2,4 | 0,6 | -3,6 | 0,6 |
| 3H_6 | 2,0 | 0,2 | 0,8 | 0,4 | 1,0 | 0,3 | -1,7 | 0,5 |
| 1E_5 | 1,3 | 0,8 | 3,0 | 1,2 | 3,5 | 1,3 | 2,9 | 0,7 |
| 3I_5 | -4,8 | 0,9 | 1,6 | 1,0 | -3,2 | 1,2 | -1,8 | 1,0 |
| 1I_6 | 0,1 | 0,4 | -0,3 | 0,5 | -0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,4 |
| 3I_6 | 5,5 | 0,9 | -3,7 | 1,2 | -5,6 | 1,6 | 6,2 | 0,9 |
| 3I_7 | -2,4 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | -0,2 | 0,6 | -0,4 | 0,9 |
| мнимые части | | | | | | | | |
| 3P_0 | 2,2 | 3,3 | 10,5 | 4,6 | 11,6 | 4,8 | 0 (фикс.) | |
| 3P_1 | 0 (фикс.) | | 8,3 | 3,6 | 23,9 | 5,9 | 0 (фикс.) | |
| 3P_2 | 2,6 | 1,4 | 0 (фикс.) | | 0 (фикс.) | | 4,5 | 1,3 |
| 1D_2 | 4,0 | 2,5 | 6,1 | 2,3 | 5,8 | 1,7 | 15,5 | 3,7 |
| 3F_2 | 6,4 | 1,1 | 1,2 | 1,5 | 0 (фикс.) | | 0,9 | 0,9 |
| 3F_3 | 8,3 | 1,7 | 3,1 | 1,4 | 1,9 | 0,9 | 1,9 | 1,4 |
| 3F_4 | -0,7 | 0,8 | 2,9 | 1,1 | 2,5 | 0,7 | 1,9 | 0,6 |
| f^2 | 0,056 | 0,010 | 0,051 | 0,013 | 0,061 | 0,019 | 0,057 | 0,007 |
| χ^2 | 344,1 | | 351,6 | | 354,0 | | 375,0 | |
| χ^2/χ^2 | 1,12 | | 1,14 | | 1,15 | | 1,22 | |
| $P(\chi^2)\%$ | 7,5 | | 4,5 | | 3,6 | | 0,6 | |

ших отклонений от средних значений некоторых данных^{/9,11,14/}, и они при анализе не использовались. Особенно плохо согласуются с другими данными вновь измеренные в работе^{/14/} дифференциальные сечения $n\text{-}$ рассеяния при энергии 649 Мэв. Нормировочный коэффициент для них равен $0,667 \pm 0,028$. Эти данные не согласуются и с ходом энергетической зависимости дифференциальных сечений $n\text{-}$ рассеяния в интервале энергии 400-1000 Мэв. Необходимо заметить также, что опубликованы только предварительные результаты этой работы, окончательные данные до сих пор в литературе не появились.

2. Поиск решений и результаты фазового анализа

Фазовый анализ выполнялся по программе, разработанной ранее в Дубне^{/21/}. Поиск решений NN -данных проводился при $l_{max} = 6$, взаимодействие в состояниях с орбитальными моментами $l \geq 7$ учитывалось в одномезонном приближении с константой связи $f^2 = 0,08$. Как уже отмечалось выше, фазовые сдвиги для состояний с полным изотопическим спином $T = 1$ брались из результатов фазового анализа pp -данных^{/4/} и фиксировались. Со случайных начальных условий находились только реальные части фазовых сдвигов для состояний $T = 0$, мнимые части их полагались равными нулю и фиксировались. Для каждого из двух решений, найденных в работе^{/4/}, при фазовом анализе pp -данных было сделано по 170 попыток поиска фазовых сдвигов изосинглетных состояний. Затем полученные наборы фазовых сдвигов уточнялись по полному экспериментальному материалу (pp и $n\text{-}$ данные совместно).

В результате поисков было найдено 12 решений в интервале $\chi^2 \leq \chi^2_{min} \leq 1,5 \chi^2_{min}$ при $\chi^2_{min} = 308$. Из них семь было отброшено по χ^2 -критерию на уровне достоверности 1%. Из оставшихся пяти наборов ($\chi^2 = 344,1, 351,6, 353,0, 366,5$ и $370,8$) три лучших по χ^2 приведены в таблице 2 (наборы А1-А3). Необходимо заметить, что решения с χ^2 , равным 344,1 и 366,5, сливаются в одно, если "отпустить" мнимые части фазовых сдвигов, фиксированные нулями. При этом, правда, $Im(^3D_2)$ уходит в нефизическую область (становится отрицательной) на семь с лишним ошибок.

Таблица 3.

Фазовые сдвиги нуклон-нуклонного рассеяния вблизи энергии 630 Мэв ($\epsilon_{max} = 5$).

| Фазовые сдвиги | набор А1 | | набор А2 | | набор В1 | |
|----------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| | δ° | $\pm \Delta \delta^\circ$ | δ° | $\pm \Delta \delta^\circ$ | δ° | $\pm \Delta \delta^\circ$ |
| действительные части | | | | | | |
| 1S_0 | -32,7 | 3,9 | -39,8 | 3,6 | -31,3 | 2,5 |
| 3S_1 | -18,1 | 3,6 | 35,1 | 2,1 | -21,5 | 2,9 |
| 3P_0 | -62,6 | 4,7 | -74,8 | 5,9 | -18,4 | 2,4 |
| 1P_1 | -7,9 | 3,0 | 3,4 | 4,2 | -19,8 | 3,6 |
| 3P_1 | -38,1 | 2,1 | -45,2 | 2,6 | -33,4 | 1,5 |
| 3P_2 | 15,5 | 1,2 | 11,3 | 1,3 | 29,2 | 1,5 |
| 1D_1 | 14,4 | 2,7 | -31,6 | 1,8 | 8,8 | 3,0 |
| 3D_1 | -41,9 | 2,6 | 36,8 | 3,5 | -30,6 | 1,6 |
| 3D_2 | 7,7 | 1,8 | 5,2 | 2,0 | 11,4 | 2,4 |
| 3D_3 | 7,4 | 3,0 | 18,4 | 1,1 | 20,5 | 2,4 |
| 3E_2 | -5,6 | 0,9 | 2,6 | 1,2 | -9,4 | 1,3 |
| 3E_1 | 1,1 | 1,0 | 1,3 | 1,2 | 5,2 | 1,4 |
| 3F_2 | -2,9 | 1,2 | -8,3 | 1,3 | -2,8 | 1,0 |
| 3F_3 | -15,5 | 1,1 | -1,7 | 2,0 | -8,6 | 1,4 |
| 3F_4 | -2,5 | 0,8 | -0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,6 |
| 3F_5 | 4,0 | 0,4 | 1,9 | 0,5 | 3,7 | 0,6 |
| 3G_3 | 1,5 | 1,6 | 1,9 | 1,9 | 9,8 | 0,9 |
| 3G_4 | -5,8 | 1,2 | 3,0 | 1,7 | -7,5 | 1,1 |
| 3G_5 | 4,5 | 0,5 | 4,2 | 0,7 | 6,3 | 0,5 |
| 3G_6 | 15,4 | 1,5 | 7,8 | 1,5 | 6,8 | 1,1 |
| 3G_7 | -1,2 | 0,6 | 1,1 | 0,6 | -4,7 | 0,8 |
| 3H_4 | -0,1 | 0,6 | -0,2 | 0,7 | 1,1 | 0,5 |
| 3H_5 | 1,3 | 0,6 | -1,1 | 0,6 | -2,7 | 0,5 |
| 3H_6 | -5,6 | 0,9 | -6,1 | 0,9 | -5,5 | 0,8 |
| 3H_7 | -5,1 | 0,5 | -4,5 | 0,6 | -3,7 | 0,6 |
| 3H_8 | 1,6 | 0,1 | 1,3 | 0,2 | -1,6 | 0,4 |
| мнимые части | | | | | | |
| 3P_0 | 3,8 | 3,2 | 8,4 | 3,9 | 0(фикс.) | |
| 3P_1 | 0,0 | 1,9 | 7,0 | 2,4 | 0(фикс.) | |
| 3P_2 | 3,5 | 1,6 | 0(фикс.) | | 5,4 | 1,3 |
| 1D_1 | 7,1 | 3,5 | 5,8 | 2,1 | 15,2 | 3,7 |
| 3F_1 | 1,6 | 1,4 | 2,6 | 1,5 | 1,5 | 0,7 |
| 3F_2 | 7,8 | 1,8 | 5,9 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| 3F_3 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 1,8 | 0,6 |
| r^2 | 0,074 | 0,005 | 0,051 | 0,006 | 0,065 | 0,004 |
| χ^2 | 364,9 | | 366,5 | | 385,7 | |
| $P(\chi^2)\%$ | 2,3 | | 1,8 | | 0,4 | |
| χ^2/χ^2 | 1,17 | | 1,18 | | 1,24 | |

Итак, если пользоваться критерием χ^2 , фазовый анализ NN -данных при $l_{max} = 6$ не дает однозначного результата. Применение r -критерия/22/ дает возможность отбросить четыре решения с $\chi^2 > 344,1$ с вероятностью ошибки первого рода не более 0,8%. Таким образом, r -критерий позволяет получить однозначный результат фазового анализа NN -рассеяния. Дополнительным критерием для отбрасывания решений А2 и А3 (см. таблицу 2) может служить резкое несогласие реальных частей фазового сдвига 3D_1 этих наборов ($35,1 \pm 5,7$ и $28,0 \pm 3,9$, соответственно) с энергетической зависимостью фазы 3D_1 в области меньших энергий.

Следует отметить, однако, что полученные вероятности ошибки первого рода при отбрасывании решений с большим χ^2 могут оказаться несколько заниженными благодаря:

1. Наличию в экспериментальных данных систематических ошибок, которые не устранены перенормировкой. На наличие таких ошибок прежде всего указывает, например, разброс данных по измерению параметра D_{pp} /4/.

2. Использованию конкретной модели мезообразования. В частности, это обстоятельство, по-видимому, является причиной того, что единственный набор фазовых сдвигов, который был получен в работе/2/, оказался по результатам данного фазового анализа далеко не лучшим по значению χ^2 (набор В1 таблицы 2). Здесь следует напомнить, что этот набор был найден в предположении равенства мнимых частей фазовых сдвигов состояний с данным орбитальным моментом $^3P_{0,1,2}$ и $^3F_{2,3,4}$.

Перечисленные выше факторы могут сильно влиять на форму поверхности функционала χ^2 и при появлении новых экспериментальных данных отношение между величинами χ^2 найденных нами наборов может измениться.

Для выяснения того, как влияет на описание экспериментальных данных уменьшение максимального орбитального момента на единицу, найденные решения были уточнены при $l_{max} = 5$. При этом, из пяти полученных наборов на уровне достоверности 1% по χ^2 критерию остается 2 (см. табл. 3). Описание экспериментальных данных ухудшается при этом несущественно, что указывает на применимость одномезонного приближения, начиная с орбитальных моментов $l = 6$.

Уточнение найденных решений с варьированием мнимых частей фазовых сдвигов для $T=0$ результатов не дало. Мнимые части фазовых сдвигов для этих состояний оказываются равными нулю или уходят в нефизическую область ($\text{Im } \delta_{T=0} \leq 0$).

З а к л ю ч е н и е

Подводя итоги настоящей работы, необходимо отметить следующее:

1. Поиск решений в фазовом анализе нуклон-нуклонного рассеяния при средней энергии 630 Мэв дал 5 наборов фазовых сдвигов на уровне достоверности 1% по критерию χ^2 .

2. Использование r -критерия позволяет отбросить четыре решения с вероятностью ошибки первого рода не более 0,8%. Однако эта вероятность может оказаться заниженной при наличии в экспериментальных данных систематических погрешностей.

3. Изменение границы области применимости модели однопионного обмена (переход с $l_{max} = 5$ к $l_{max} = 6$) существенно не улучшает описания экспериментальных данных. Этот факт указывает на применимость модели OPE , начиная с орбитальных моментов $l = 6$.

4. При существующей точности экспериментальных данных учёт мезообразования из состояний $^3P_{1,2,3}$, 1D_2 и $^3F_{2,3,4}$ дает удовлетворительное описание экспериментальных данных.

5. Относительно плохое описание наблюдаемых на опыте величин при совместном фазовом анализе по сравнению с анализом одних pp -данных^{/4/} ($\chi^2/\chi^2 = 1,12$ и $1,03$ для лучших наборов, соответственно), по-видимому, указывает на то, что и np -данные не свободны от систематических ошибок.

6. Для уточнения сведений о матрице нуклон-нуклонного рассеяния необходимо вместе с измерением параметров упругого pp -рассеяния, указанных в работе^{/4/}, провести измерения поляризационных параметров в np -рассеянии, в частности, поляризации, деполяризации и параметра A_{pp} при углах, больших 130° в с.ц.м., параметров R_{np}^t и A_{np}^t в широком интервале углов. Кроме того, т.к. предсказываемые разными наборами

кривые зависимости параметров от угла, в основном, мало отличаются друг от друга, было бы крайне интересно заметно повысить среднюю точность ранее измеренных данных.

На рис. 1-4 приведены рассчитанные по двум лучшим наборам фазовых сдвигов A_1 и A_2 (см. табл. 2) зависимости величин, наблюдаемых на опыте, от угла в упругом np -рассеянии, и известные экспериментальные данные без перенормировки (см. приложение). Тонкими линиями указаны коридоры ошибок для кривых A_1 . Для кривых A_2 они примерно такой же ширины. Здесь не приводятся зависимости параметров упругого pp -рассеяния, предсказываемые наборами фазовых сдвигов нуклон-нуклонного рассеяния, т.к. в пределах ошибок они повторяют предсказания анализа pp -данных^{/4/}.

В заключение авторы выражают благодарность Л.С. Ажгирею, Р.Я. Зулкарнееву, Г.Д. Столетову за полезные дискуссии, В.Р. Абазовой, В.А. Максимовой и Т.Д. Тимофеевой - за помощь в работе. Авторы глубоко признательны также С.И. Биленькой, М.И. Джгаркава, Н.Н. Мачильской и А.М. Розановой, во многом способствовавшим успешному проведению этой работы.

Литература

1. Л.Н. Глonti, Ю.М. Казаринов, А.М. Розанова, И.Н. Силян. ЯФ, 7, 1060, (1968).
2. С.И. Биленькая, Л.Н. Глonti, Ю.М. Казаринов, В.С. Киселев. ЖЭТФ, 59, 1049 (1970).
3. M.H. MacGregor, R.A. Arndt, R.M. Wright. Phys.Rev., 169, 1149 (1968). Phys.Rev., 173, 1272 (1968).
4. Л.Н. Глonti, Ю.М. Казаринов, В.С. Киселев, И.Н. Силян. ОИЯИ, P1-6339, Дубна, 1972.
5. В.С. Барашенков. Сечения взаимодействия элементарных частиц. Москва, "Наука", 1968 г.
6. R.E. Mischke, T.J. Devlin, W. Johnson, J. Norem, K. Vosburgh. Phys. Rev. Lett., 25, 1724 (1970).
7. D.V. Bugg, D.S. Salter, G.H. Stafford, R.F. George, K.F. Riley, R.J. Tapper. Phys.Rev., 146, 980 (1966).

8. Н.С. Амаглобели, Ю.М. Казаринов. ЖЭТФ, 34, 658 (1958).
9. Ю.М. Казаринов, Ю.Н. Симонов. ЖЭТФ, 31, 169 (1956).
10. Б.М. Головин, В.П. Джелепов, Ю.В. Катышев, А.Д. Конин, С.В. Медведь. ЖЭТФ, 36, 735 (1959).
11. Н.С. Амаглобели, Ю.М. Казаринов. ЖЭТФ, 37, 1587 (1959).
12. Н.С. Амаглобел, Е.М. Головин, Ю.М. Казаринов, С.В. Медведь, И.М.Полев. ОИЯИ, Р-430, Дубна, 1959.
13. Ю.М. Казаринов, Ф. Легар, Ю.Н. Симонов. ОИЯИ, Р-1207, Дубна, 1963.
14. P.F. Shepard, T.J. Devlin, R.E. Mischke, T. Solomon. PPAR-10, Princeton, 1969.
15. D. Cheng, V. Macdonald, J.A. Helland, P.M. Ogden. Phys. Rev., 163, 1470 (1967).
16. Ю.М. Казаринов, Ф. Легар, А.Ф. Писарев, Ю.Н. Симонов, З. Яноут, ЯФ, 4, 587 (1966).
Ю.М. Казаринов, Ф. Легар, А.Ф. Писарев, З. Яноут. ЯФ, 5, 140 (1967).
17. В.П. Джелепов, Б.М. Головин, В.С. Надеждин, В.И. Сатаров. XII Международная конференция по физике высоких энергий, Дубна, 1964 г. Атомиздат, 1, 11 (1966).
18. Л.Н. Глонти, Ю.М. Казаринов, М.Р. Хаятов. ОИЯИ, Р1-5743, Дубна, 1971. ЖЭТФ, 62, 1998 (1972).
19. P.H. Surko. UCRL-19451 (1970).
20. Kwok-Chu Leung. UCRL-19705 (1970).
21. Ю.М. Казаринов, И.Н. Силин. ЖЭТФ, 43, 692 (1962).
22. А. Пазман. ОИЯИ, Е5-3775, Дубна, 1968.
A. Pazman, S.I. Bilenkaya, J. Bystricky, Z. Janout, Y.M. Kazarinow, F. Lehar. Czech. J. Phys., B19, 882 (1969).

Рукопись поступила в издательский отдел
17 апреля 1972 года.

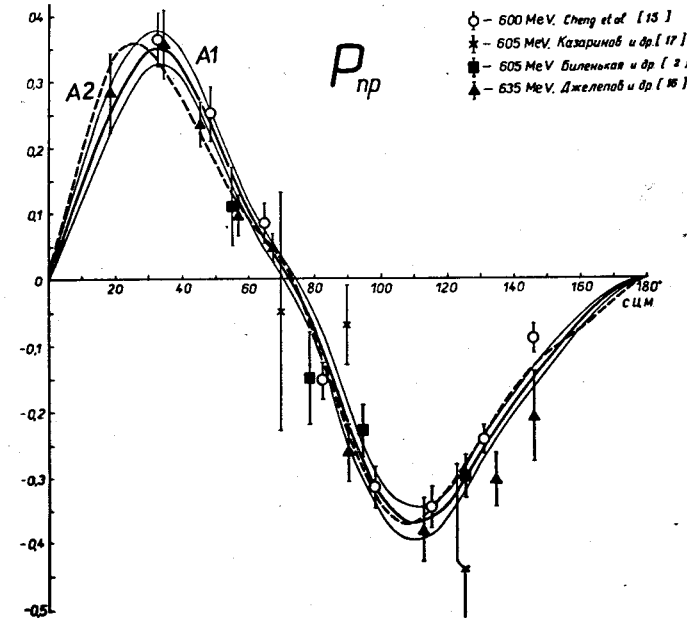
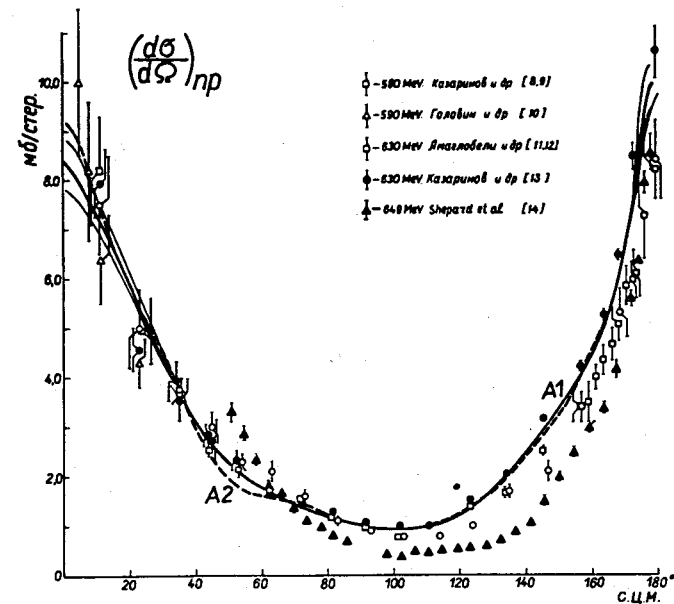


Рис. 1

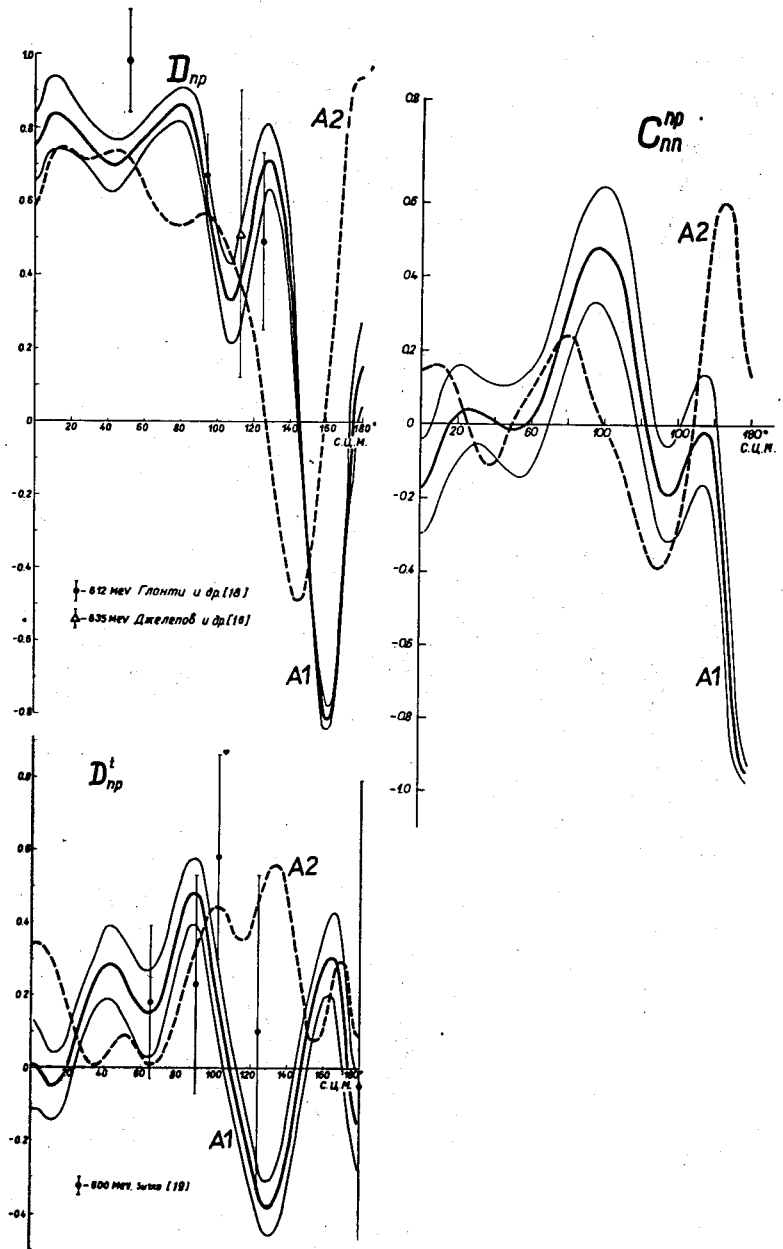


Рис. 2

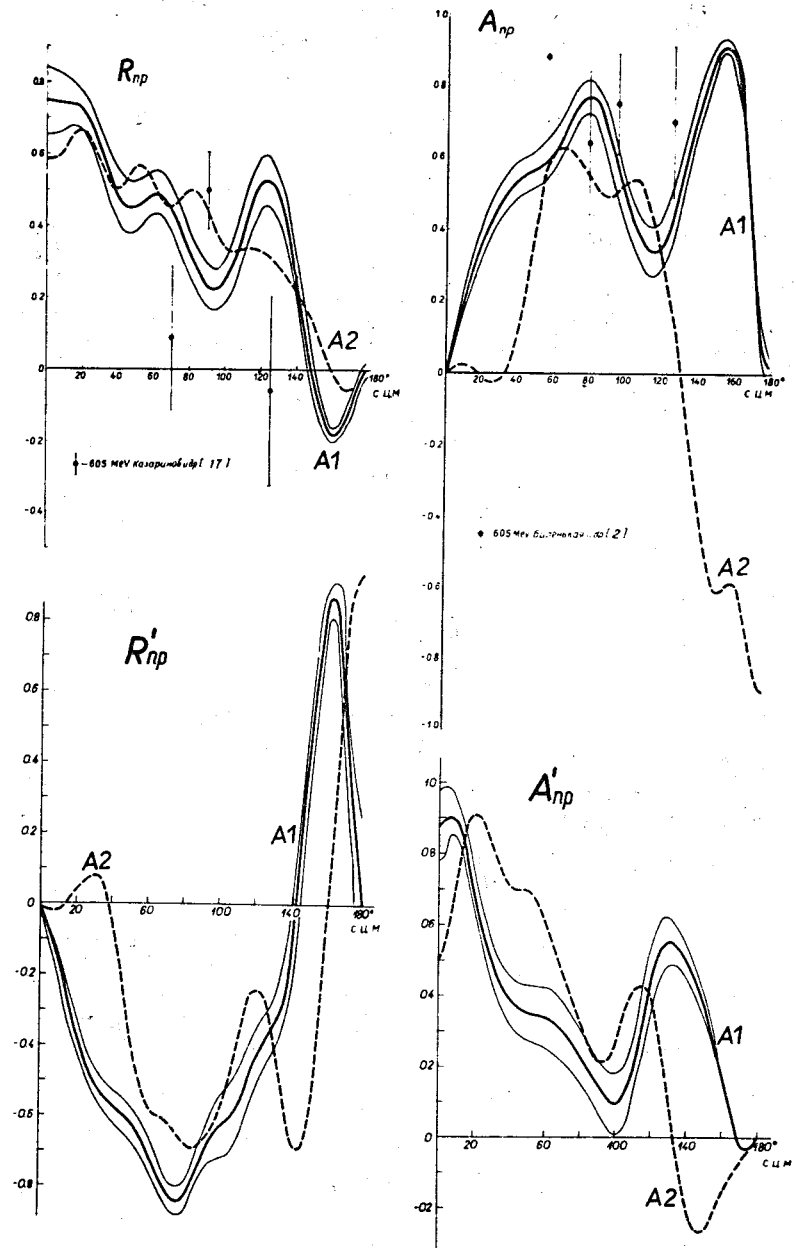


Рис. 3

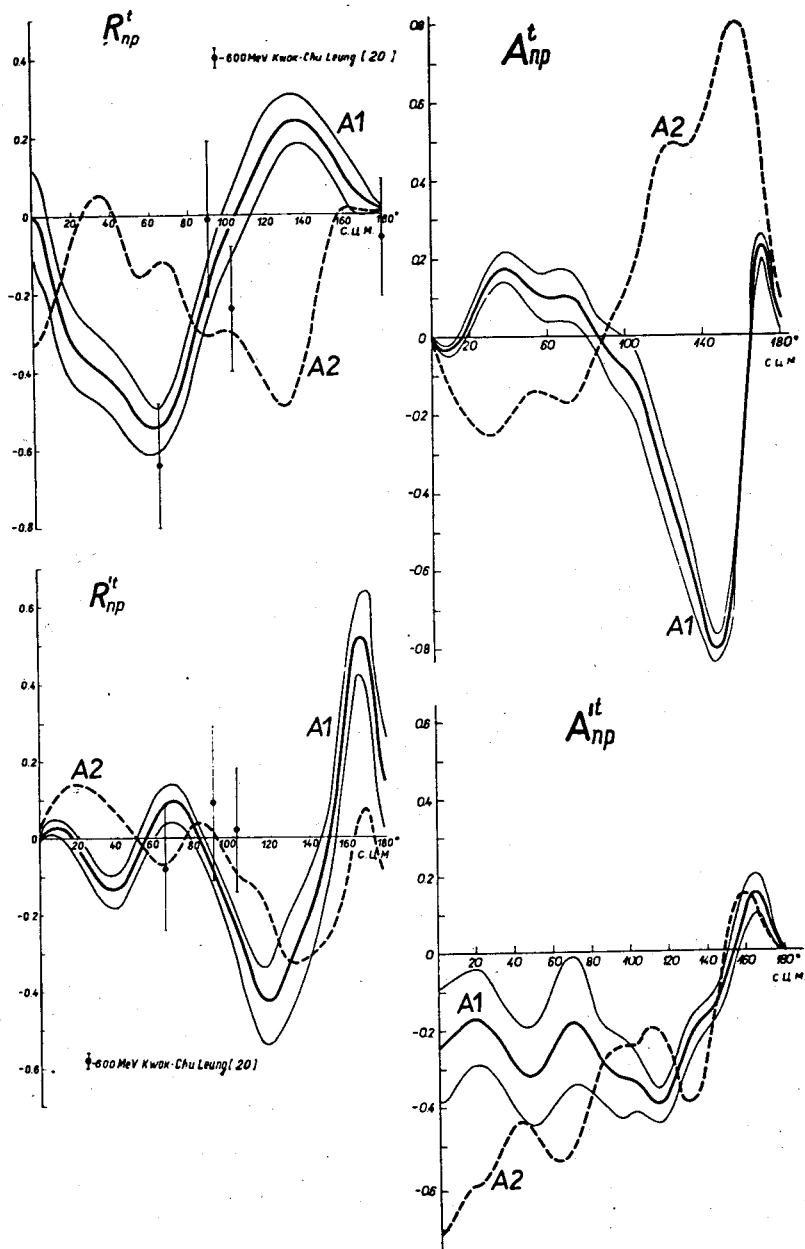


Рис. 4

Экспериментальные данные по упругому пр-рассеянию
вблизи энергии 630 Мэв .

| Е, Мэв | θ° с.ц.м. | $f(\theta)$ | $\pm \Delta f$ | источ-ник | Е, Мэв | θ° с.ц.м. | $f(\theta)$ | $\pm \Delta f$ | источ-ник |
|--|-------------------------|-------------|----------------|-----------|---|-------------------------|-------------|----------------|-----------|
| полное сечение σ_{tot}^{np} (мб) | | | | | полное неупр. сечение σ_{in}^{np} (мб) | | | | |
| 580 | | 36,0 | 2,2 | /5/ | 590 | | 5,8 | 0,5 | /5/ |
| 590 | | 36,0 | 2,0 | | 597 | | 8,9 | 1,0 | |
| 590 | | 36,2 | 2,2 | | 610 | | 10,1 | 1,4 | |
| 600 | | 35,7 | 0,3 | /6/ | 620 | | 10,8 | 1,5 | |
| 620 | | 37,0 | 3,0 | /5/ | 630 | | 8,0 | 0,64 | |
| 630 | | 37,0 | 4,0 | | 645 | | 11,8 | 1,5 | |
| 630 | | 35,2 | 0,9 | | 660 | | 10,5 | 2,4 | |
| 635 | | 36,6 | 0,3 | /6/ | 665 | | 11,3 | 1,4 | |
| 650 | | 37,0 | 1,8 | /5/ | | | | | |
| 655 | | 38,64 | 0,2 | /7/ | | | | | |
| 680 | | 37,5 | 0,3 | /6/ | | | | | |
| дифференциальное сечение $(d\sigma/d\Omega)_{np}$ (мб/стер.) | | | | | | | | | |
| 580 | 11,0 | 7,5 | 1,0 | /8/ | 630 | 159,25 | 3,50 | 0,40 | /12/ |
| | 23,0 | 5,0 | 0,8 | | | 161,50 | 4,00 | 0,25 | |
| | 35,0 | 3,7 | 0,2 | | | 163,83 | 4,36 | 0,30 | |
| 580 | 45,0 | 3,00 | 0,30 | /9/ | | 166,50 | 4,68 | 0,33 | |
| | 54,0 | 2,30 | 0,17 | | | 168,50 | 5,07 | 0,33 | |
| | 63,0 | 2,10 | 0,20 | | | 170,75 | 5,85 | 0,41 | |
| | 73,0 | 1,60 | 0,13 | | | 173,08 | 5,97 | 0,38 | |
| | 83,0 | 1,10 | 0,08 | | | 174,17 | 6,12 | 0,38 | |
| | 93,0 | 0,91 | 0,06 | | | 176,50 | 7,26 | 0,87 | |
| | 103,0 | 0,78 | 0,05 | | | 180,00 | 8,19 | 0,60 | |
| | 114,0 | 0,78 | 0,05 | | 630 | 11,6 | 7,94 | 0,70 | /13/ |
| | 124,0 | 1,00 | 0,07 | | | 23,0 | 4,58 | 0,44 | |
| | 135,0 | 1,70 | 0,13 | | | 34,3 | 3,93 | 0,40 | |
| | 147,0 | 2,10 | 0,20 | | | 35,0 | 3,55 | 0,34 | |
| | 157,0 | 3,40 | 0,30 | | | 44,0 | 2,84 | 0,24 | |
| | 169,0 | 5,30 | 0,50 | | | 45,0 | 2,74 | 0,43 | |
| | 180,0 | 8,40 | 0,80 | | | 52,7 | 2,33 | 0,20 | |
| 590 | 5,0 | 10,0 | 1,5 | /10/ | | 62,3 | 1,700 | 0,073 | |
| | 8,0 | 8,2 | 1,4 | | | 72,0 | 1,440 | 0,073 | |
| | 11,5 | 6,4 | 0,9 | | | 81,7 | 1,245 | 0,042 | |
| | 23,0 | 4,3 | 0,5 | | | 91,7 | 1,040 | 0,042 | |
| | 35,0 | 3,7 | 0,2 | | | 102,0 | 0,996 | 0,052 | |
| 630 | 11,50 | 8,21 | 1,11 | /11/ | | 110,7 | 0,996 | 0,052 | |
| | 23,83 | 4,95 | 0,68 | | | 123,3 | 1,500 | 0,063 | |
| | 35,00 | 3,78 | 0,23 | | | 134,3 | 2,030 | 0,065 | |
| | 44,08 | 2,55 | 0,14 | | | 145,6 | 3,170 | 0,075 | |
| | 53,00 | 2,15 | 0,17 | | | 157,0 | 4,220 | 0,097 | |
| | 62,33 | 1,73 | 0,08 | | | 164,0 | 5,25 | 0,12 | |
| | 72,00 | 1,53 | 0,05 | | | 168,45 | 6,46 | 0,11 | |
| | 81,83 | 1,17 | 0,04 | | | 173,1 | 8,47 | 0,27 | |
| | 91,83 | 0,97 | 0,04 | | | 180,0 | 10,60 | 0,54 | |
| | 102,00 | 0,94 | 0,04 | | 649 | 51,0 | 3,316 | 0,203 | /14/ |
| | 112,66 | 0,94 | 0,05 | | | 54,7 | 2,877 | 0,151 | |
| | 123,33 | 1,39 | 0,07 | | | 58,4 | 2,346 | 0,112 | |
| | 134,33 | 1,66 | 0,12 | | | 62,2 | 1,825 | 0,085 | |
| | 145,66 | 2,52 | 0,10 | | | 65,9 | 1,685 | 0,077 | |
| | 157,00 | 3,40 | 0,30 | | | 69,8 | 1,385 | 0,067 | |

(продолжение)

| Е, МэВ | θ° с.ц.ш. | $f(\theta)$ | $\pm \Delta f$ | источ- ник | Е, МэВ | θ° с.ц.ш. | $f(\theta)$ | $\pm \Delta f$ | источ- ник |
|--------------------------|----------------------------|-------------|----------------|---------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------|----------------|---------------|
| дифференциальное сечение | | | | | $(d\sigma/d\Omega)_{np}$ (мб/стер.) | | | | |
| 649 | 73,6 | 1,107 | 0,059 | /14/ | 136,5 | 0,888 | 0,049 | | |
| | 77,6 | 0,964 | 0,052 | | 141,0 | 1,056 | 0,052 | | |
| | 81,4 | 0,776 | 0,046 | | 145,5 | 1,516 | 0,065 | | |
| | 85,5 | 0,706 | 0,042 | | 150,1 | 2,012 | 0,057 | | |
| | 97,6 | 0,404 | 0,026 | | 154,6 | 2,497 | 0,066 | | |
| | 101,7 | 0,389 | 0,025 | | 159,2 | 2,992 | 0,100 | | |
| | 106,1 | 0,477 | 0,027 | | 163,7 | 3,376 | 0,105 | | |
| | 110,3 | 0,482 | 0,026 | | 167,2 | 4,149 | 0,163 | | |
| | 114,3 | 0,505 | 0,022 | | 169,5 | 5,273 | 0,182 | | |
| | 119,0 | 0,540 | 0,025 | | 171,8 | 5,620 | 0,173 | | |
| | 123,2 | 0,570 | 0,041 | | 174,1 | 6,348 | 0,209 | | |
| | 127,6 | 0,599 | 0,040 | | 176,3 | 7,948 | 0,230 | | |
| | 132,0 | 0,716 | 0,043 | | 178,3 | 8,570 | 0,365 | | |
| поляризация P_{np} | | | | | поляризация P_{np} | | | | |
| 600 | 33,0 | 0,364 | 0,041 | /15/ | 605 | 70,0 | -0,05 | 0,18 | /16/ |
| | 48,5 | 0,251 | 0,042 | | | 90,0 | -0,07 | 0,06 | |
| | 64,8 | 0,084 | 0,030 | | | 125,0 | -0,44 | 0,16 | |
| | 81,3 | -0,155 | 0,028 | | 635 | 18,5 | 0,284 | 0,059 | /17/ |
| | 97,8 | -0,315 | 0,032 | | | 34,5 | 0,358 | 0,052 | |
| | 114,7 | -0,345 | 0,032 | | | 45,7 | 0,236 | 0,036 | |
| | 130,5 | -0,241 | 0,024 | | | 56,7 | 0,097 | 0,031 | |
| | 145,6 | -0,090 | 0,023 | | | 67,3 | 0,047 | 0,020 | |
| 605 | 55,0 | 0,11 | 0,06 | /2/ | | 90,0 | -0,262 | 0,042 | |
| | 78,0 | -0,15 | 0,07 | | | 112,5 | -0,381 | 0,052 | |
| | 94,0 | -0,23 | 0,04 | | | 134,3 | -0,304 | 0,043 | |
| | 125,0 | -0,30 | 0,08 | | | 145,7 | -0,208 | 0,071 | |
| деполяризация D_{np} | | | | | деполяризация D_{np}^t | | | | |
| 612 | 52,0 | 0,96 | 0,14 | /18/ | 600 | 65,0 | 0,18 | 0,21 | /19/ |
| | 94,0 | 0,67 | 0,11 | | | 90,0 | 0,23 | 0,30 | |
| | 125,0 | 0,49 | 0,24 | | | 102,0 | 0,58 | 0,28 | |
| 635 | 112,3 | 0,51 | 0,39 | /17/ | | 124,0 | 0,10 | 0,43 | |
| | | | | | | 180,0 | -0,05 | 0,84 | |
| R_{np} | | | | | A_{np} | | | | |
| 605 | 70,0 | 0,09 | 0,19 | /16/ | 605 | 55,0 | 0,88 | 0,18 | /2/ |
| | 90,0 | 0,50 | 0,11 | | | 78,0 | 0,64 | 0,20 | |
| | 125,0 | -0,06 | 0,26 | | | 94,0 | 0,75 | 0,14 | |
| | | | | | | 125,0 | 0,70 | 0,21 | |
| R_{np}^t | | | | | R_{np}^t | | | | |
| 600 | 65,0 | -0,64 | 0,16 | /20/ | 600 | 65,0 | -0,08 | 0,16 | /20/ |
| | 90,0 | -0,01 | 0,20 | | | 90,0 | 0,09 | 0,20 | |
| | 102,0 | -0,24 | 0,16 | | | 102,0 | 0,02 | 0,16 | |
| | 180,0 | -0,06 | 0,15 | | | | | | |