

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



С346.2Г

15/37

3-937

P1 - 9385

971/2-76

Р.Я.Зулькарнеев, Х.Муртазаев, Б.Хачатуров

ИЗМЕРЕНИЕ

УГЛОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРА  $P$

И ПРОВЕРКА РАВЕНСТВА  $P = Q$

В  $pn$ -РАССЕЯНИИ ПРИ ЭНЕРГИИ 635 МЭВ

**1975**

P1 - 9385

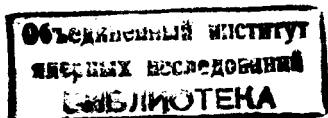
Р.Я.Зулькарнеев, Х.Муртазаев,\* Б.Хачатуров

ИЗМЕРЕНИЕ

УГЛОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРА  $P$

И ПРОВЕРКА РАВЕНСТВА  $P = Q$

В  $p_n$ -РАССЕЯНИИ ПРИ ЭНЕРГИИ 635 МЭВ



## § I. Введение

Проверка принципа  $T$ -инвариантности ядерных сил в настоящее время произведена лишь в протон-протонных соударениях<sup>/1-5/</sup>.

Поскольку  $pp$ -система относительно слабо чувствительна к возможным примесям  $T$ -нечетных членов в потенциале взаимодействия, то с этой точки зрения согласно<sup>/6-8/</sup> более перспективными являются опыты по рассеянию нейтронов протонами. Полное отсутствие в журнальной литературе сведений о прямых экспериментальных проверках принципа  $T$ -инвариантности в  $pp$ -рассеянии побудило нас поставить специальный опыт по проверке известного соотношения "поляризация-асимметрия" в  $pp$ -рассеянии. С этой целью мы измерили угловую зависимость параметра поляризации,  $P(\vartheta)$ , в упругом  $pp$ -рассеянии при энергии 635 МэВ, которую сравниваем с соответствующими данными о параметре асимметрии,  $Q(\vartheta)$ , полученными ранее в работе<sup>/9/</sup>.

### §2. Постановка задачи

Согласно Филлипсу и др.<sup>/10/</sup> при нарушении  $T$ -инвариантности (и сохранении пространственной четности) экспериментально наблюдаемая разность  $P-Q$  в этом случае связывается с  $T$ -нечетным членом,  $t$ , матрицы  $pp$ -рассеяния по формуле:

$$I(\vartheta)(P-Q) = 4 \int_m t^*(\delta^2 - \epsilon), \quad (2)$$

в которой  $I(\vartheta)$  - дифференциальное сечение,  $\delta^2$  и  $\epsilon$  -  $T$ -четные члены матрицы рассеяния. О деталях см., например, в <sup>/10/</sup>.

Согласно модели, развитой Брауном и др.<sup>/6-8/</sup> и основанной на учете в потенциале  $NN$ -взаимодействия гипотетического вклада от обмена  $A_1$ -мезоном, эффект нарушения  $T$ -четности особенно заметно проявляется при пр-рассеянии на углы  $(80-140)^\circ$  с.ц.м. в районе энергий 400-700 МэВ. Теория предсказывает здесь для величины разности  $S-Q$  значения, близкие к 0,3 (см.рис.7). В случае pp-рассеяния модель дает малые значения разности  $S-Q$ , находящиеся в удовлетворительном согласии с опытом.

Таким образом, для проверки правильности предсказаний модели<sup>/6-8/</sup> необходимы дальнейшие эксперименты. Одним из возможных экспериментов такого рода является опыт по определению разности  $S-Q$  в процессе пр-рассеяния на уровне погрешностей не хуже 0,06.

В настоящей работе для получения сведений об пр-рассеянии мы использовали рассеяние протонов на нейтронах, связанных внутри ядра дейтерия. Неточности, обусловленные такой заменой в разности  $S-Q$  при энергии  $\approx 600$  МэВ, согласно оценке Брауна<sup>/II/</sup> не превышают величины 0,02.

### §3. Схема экспериментальной установки

Схема опыта. Выведенный из вакуумной камеры синхротрона ЛЯП ОИЯИ пучок неполяризованных протонов после прохождения фокусирующих линз, отклонения в магнитном поле и прохождения 4-метровой защитной стены направлялся на мишень № I из дейтерированного или обычного полиэтилена. Энергия протонов в центре мишени составляла 635 МэВ.

Акты квазиупругого пр-рассеяния выделялись системой счетчиков I, 2 и нейтронным детектором 7, устанавливавшимися в соответствии с кинематикой упругого рассеяния двух нуклонов (см.рис.1). Поляризация протонов, вылетевших под углом  $\vartheta_{IP}$  в результате ква-

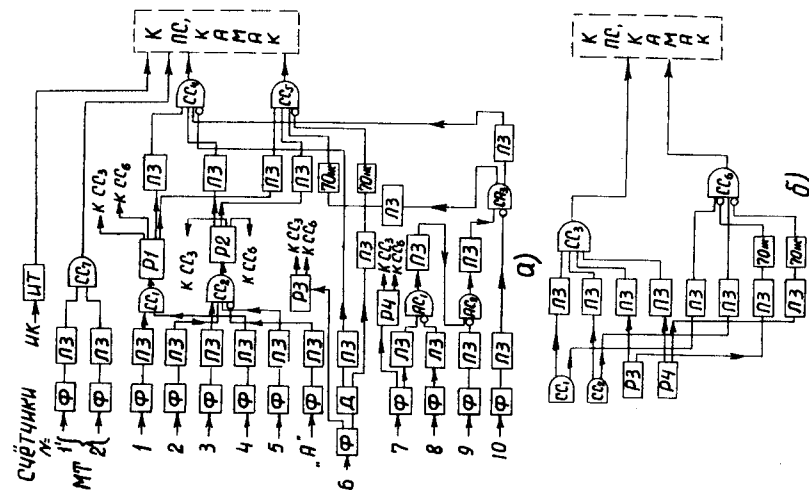


Рис.2. Блок-схема электроники.

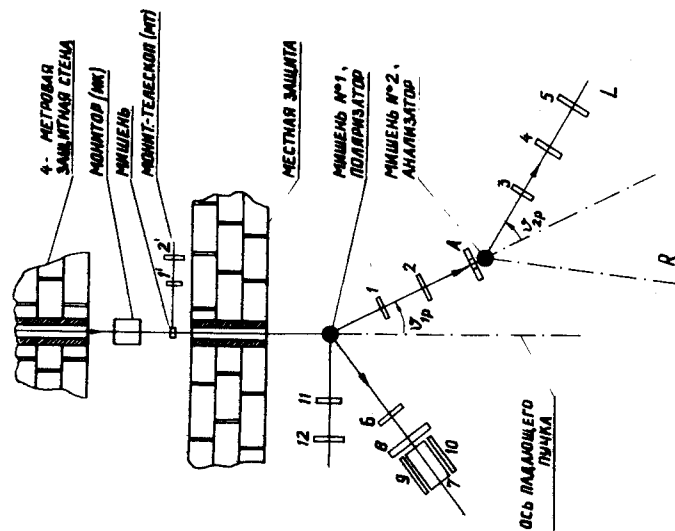


Рис.1. Схема экспериментальной установки.

эластичного pp- или pp-соударения на мишени № 1, анализировалась углеродным анализатором - мишенью № 2. Телескоп, образованный счетчиками 3, 4 и 5, включенными на совпадение с остальными, мог измерять лево-правую асимметрию, связанную с квазиупругими pp- и pп-рассеяниями на первой поляризующей мишени. Эти асимметрии ввиду далее будут обозначены, как  $e_{\langle pp \rangle}$  и  $e_{\langle pп \rangle}$  соответственно.

Блок-схема электроники. Для удобства работы и настройки электронной аппаратуры импульсы от счетчиков I + IO, A объединялись в несколько групп и подавались на входы шести схем совпадений  $CC_1-CC_6$ , две из которых,  $CC_1$  и  $CC_2$ , являлись вспомогательными (см.рис.2). Схема  $CC_3$  регистрировала совпадения, вызывавшиеся упругими или квазиупругими pp-рассеяниями в зависимости от типа первой мишени. Некоторые виды случайных событий, регистрируемых  $CC_3$ , измерялись схемой  $CC_6$ . Схема совпадений  $CC_4$  отбирала акты квазиупругого pп-рассеяния. Часть фоновых событий в  $CC_4$ , обусловленная случайными совпадениями импульсов в канале нейтронного детектора с актами "двойного рассеяния" протонов на мишенях №1 и №2, регистрировалась  $CC_5$ .

Импульсы с выходов  $CC_1+CC_6$  подавались на пересчетные схемы в стандарте КАМАК. Содержимое ячеек этих пересчетов с помощью системы связи передавалось в накопительное устройство и далее поступало в ЭВМ HP-2116. В последней информация записывалась на магнитную ленту и подвергалась обработке во время и после проведения эксперимента на ускорителе.

Детектор нейтронов. В качестве детектора нейтронов нами был использован цилиндрический брусок сцинтилирующей пласмассы размерами  $\varnothing 60 \times 150 \text{ мм}^2$ . Перед торцом нейтронного счетчика устанавливались два счетчика, 6 и 9, включенных на антисовпадения и предназначенных для исключения актов регистрации заряженных частиц, прохо-

дящих от мишени №1 через торец нейтронного счетчика 7 (см.рис.3а). Чтобы подавить фон от заряженных частиц, проникавших в счетчик 7 через боковые поверхности, рабочий объем детектора окружался двумя счетчиками, 9 и 10, полуцилиндрической формы. Эти охранные счетчики были использованы лишь при работе на самых малых углах рассеяния,  $15^\circ$  и  $21^\circ$  л.с. (см. рис. 3б).

Предварительно рабочие характеристики детектора были изучены в рабочих условиях на внешнем пучке протонов и приведены на рис. 3в, 4а, б.

Из этих рисунков видно, что угловое разрешение установки при регистрации квазиупругих pp-событий равно  $\pm 30^\circ$  л.с. Геометрическое разрешение установки равно приблизительно  $1,2^\circ$  л.с.

#### § 4. Анализирующее рассеяние. Результаты калибровки анализатора

В качестве анализирующей мишени был использован углерод, поскольку анализирующие свойства этого вещества хорошо изучены /12-14/. Угол анализа поляризации,  $\psi_{2p}$ , был равен  $8^\circ$  и  $9^\circ$  л.с. при работе на углах  $\psi_{1p}$  от  $34^\circ$  до  $110^\circ$  с.п.м. и  $120^\circ$  и  $124^\circ$  с.п.м. соответственно. В нашем эксперименте анализирующая способность графита,  $A_c$ , находилась параллельно с измерениями параметра  $P(\psi)$  в pп-рассеянии. Для этой цели использовалась схема  $CC_3$ , отбиравшая, как уже отмечалось выше, акты квазиупругих pp-соударений на дейтерии. Лево-правая асимметрия рассеяния на угле-роде,  $e_{\langle pp \rangle}$ , для этого случая равна

$$e_{\langle pp \rangle} = P_{\langle pp \rangle} A_c^{\langle pp \rangle}, \quad (3)$$

где  $P_{\langle pp \rangle}$  - параметр поляризации для квазиупругого pp-рассеяния на дейтерии. Величина  $A_c^{\langle pp \rangle}$  находилась из выражения (3) в предположении, что при квазиупругом соударении двух протонов выполняется строгое равенство  $P_{\langle pp \rangle} = A_{\langle pp \rangle}$ . Здесь  $A_{\langle pp \rangle}$  -

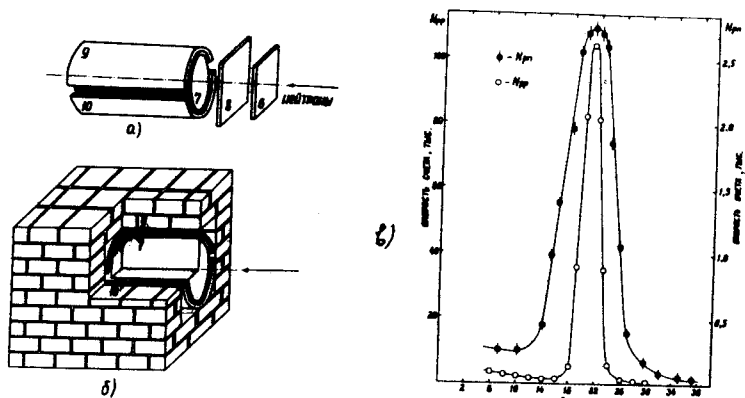


Рис.3. а) Схематический вид нейтронного детектора без защиты.  
 б) Детектор, окруженный защитой, в разрезе. Цифрами 6-10 обозначены номера счетчиков.  
 в) Зависимость скорости счета  $N$  на выходе  $CC_4$  от угла разлета частиц для мишеней  $CD_2$  и  $CH_2$ .

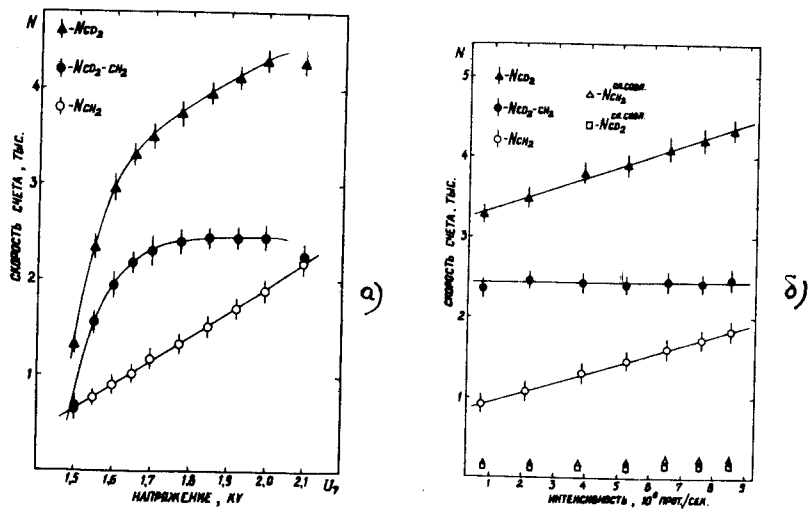


Рис.4. а) Зависимость скорости счета на выходе  $CC_4$  от напряжения ФЭУ на счетчике № 7.  
 б) Зависимость скорости счета на выходе  $CC_4$  от интенсивности падающего пучка.

параметр асимметрии для квазиупругого  $pp$ -рассеяния на дейтерии. Сведения об угловой зависимости  $A_{<pp>}$  при 635 МэВ были взяты нами из работы Б.Головина и др. /9/.

Результаты измерений  $e_{<pp>}$  и вычисленные значения  $A_c^{<pp>}$  даны в табл. I вместе с соответствующими данными об анализирующей способности графита, полученными ранее в других работах /12-13/ при условиях, не всегда совпадавших с нашими.

Таблица I

$\theta_{IP}$ , град. л.с.	Энергия, МэВ	$e_{<pp>} \pm \Delta e_{<pp>}$	$A_c^{<pp>} \pm \Delta A_c^{<pp>}$	$A_c \pm \Delta A_c$	
				[12]	[13]
15,0	576	$0,151 \pm 0,010$	$0,336 \pm 0,029$	$0,247 \pm 0,014$	$0,24 \pm 0,06$
21,5	525	$0,156 \pm 0,006$	$0,337 \pm 0,022$	$0,336 \pm 0,014$	$0,26 \pm 0,07$
27,3	469	$0,130 \pm 0,005$	$0,325 \pm 0,024$	$0,348 \pm 0,014$	$0,38 \pm 0,09$
32,0	416	$0,100 \pm 0,010$	$0,345 \pm 0,030$	$0,376 \pm 0,016$	-
50,5	211	$-0,116 \pm 0,005$	$0,385 \pm 0,030$	-	-
56,0	160	$-0,120 \pm 0,009$	$0,296 \pm 0,027$	-	-

### § 5. Фоновые измерения и ложные эффекты

Экспериментально было найдено, что основными видами фоновых событий, вносящих вклад в скорость счета  $CC_4$ , были следующие.

Фоновые события типа I. Случайные совпадения импульсов в канале счетчика № 7 с актами прохождения частиц в протонной ветви установки (см. жирные линии на рис.5а) давали  $(6+8)\%$ -ный вклад в полную скорость счета  $CC_4$  с обеими установленными мишенями. Этот тип фона был основным и измерялся в процессе измерений с помощью специальной схемы  $CC_5$ .

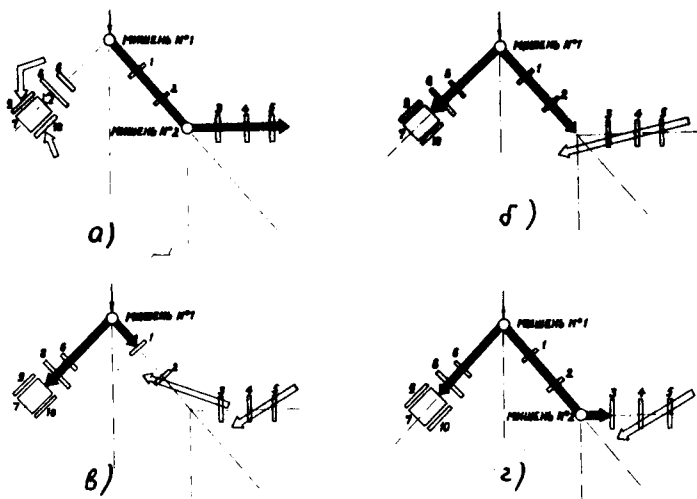


Рис.5. Фоновые события типа 1, 2, 3.

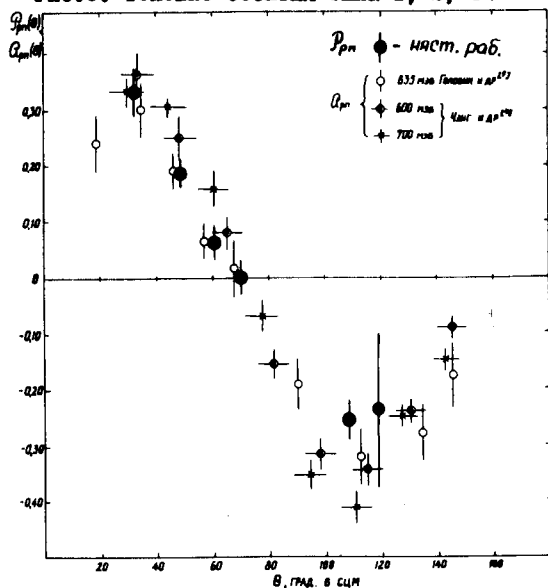


Рис.6. Угловая зависимость параметров  $P_{pn}$  и  $\alpha_{pn}$  при энергии 635 МэВ.

Фоновые события типа 2. Это случайные совпадения истинных рп-событий, зарегистрированных счетчиками 1, 2 и 7, с актами прохождения частиц через счетчики 3, 4, 5, не связанными с рассеянием на анализаторе (см. рис. 5 б). Фон этого типа не превышал обычно  $(3 \pm 5)\%$  от полной скорости счета  $CC_{\checkmark}$  и измерялся в опыте без анализирующей мишени. Чтобы при этом не менялся эффективный порог регистрации протонов, перед счетчиком 4 устанавливался алюминиевый поглотитель, эквивалентный по тормозной способности второй мишени.

Фоновые события типа 3. Среди других разновидностей фоновых отсчетов  $CC_{\checkmark}$  (см. рис. 5 в, г) наибольший вклад вносили тройные случайные совпадения комбинаций импульсов счетчиков (1+7-6-8), (2+3) и (4+5). После установки специального счетчика антисовпадений, А, окружавшего вторую мишень с обеих сторон по пучку и имевшего U-образную форму, фон этого типа был подавлен до пренебрежимо малой величины.

Ложные асимметрии. Существует несколько типов ложных асимметрий, искажающих результаты измерений в опытах, подобных нашему. Оценки, выполненные для нашей геометрии опыта, показали, что значения этих асимметрий существенно меньше статистических ошибок измерений величин  $e_{\langle pp \rangle}$  и  $e_{\langle pn \rangle}$ . По этой причине вкладом ложных асимметрий можно было пренебречь.

#### § 6. Контрольные измерения

Для проверки правильности юстировки аппаратуры проводился цикл контрольных опытов. Так, например, каждый раз перед началом набора статистического материала производился контроль равенства нулю поляризации падающего пучка. С этой целью счетчики 1+5 выстраивались в одну линию под углом  $\vartheta_{1p} = 21^\circ$  л.с. Телескоп из вспомогательных счетчиков 11 и 12 (см. рис. 1) устанавливался под

сопряженным углом в соответствии с кинематикой упругого pp-рассеяния. Измеренная лево-правая асимметрия рассеяния на мишени № I (CH<sub>2</sub>) не противоречила нулевой поляризации падающего пучка с точностью  $\pm 0,01$ .

Далее производилось измерение лево-правой асимметрии  $e_{pp}$  в упругом pp-рассеянии на угол  $\vartheta_{pp} = 90^\circ$  с.ц.м., во всех этих измерениях значения  $e_{pp}$  не отклонялись от нуля более чем на  $\pm 0,020$  (при ошибке измерений  $\pm 0,006$ ). Это обстоятельство гарантировало отсутствие заметных ложных асимметрий и правильность вставки.

В процессе эксперимента непрерывно производился контроль стабильности аппаратуры.

### § 7. Результаты измерений и их обсуждение

Результаты измерений  $e_{\langle pn \rangle}$ . Экспериментальные асимметрии  $e_{\langle pn \rangle} = \mathcal{P} \cdot A_c^{\langle pp \rangle}$ , найденные нами для семи углов  $\vartheta_{pp}$ , и значения параметра поляризации в pp-рассеянии, вычисленные на основе измеренных нами величин  $e_{\langle pn \rangle}$  и  $A_c^{\langle pp \rangle}$ , даны в табл. 2. Угловая зависимость  $\mathcal{P}(\vartheta)$  иллюстрируется графиком на рис.6, на котором для сравнения нанесены значения параметра асимметрии  $\mathcal{Q}(\vartheta)$ , найденные ранее Дзелеповым и др. при энергии 635 МэВ<sup>[9]</sup>. Сопоставление показывает, что оба параметра в среднем хорошо совпадают друг с другом по величине. Разница между ними (см. рис.7) близка к нулю в области углов (30-72) $^\circ$  с.ц.м. и достигает двух стандартных отклонений на угле 109 $^\circ$ . Усреднение по всему интервалу углов (34-119) $^\circ$  с.ц.м. дало для среднего значения разности  $\mathcal{P}$  и  $\mathcal{Q}$  величину

$$\mathcal{P} - \mathcal{Q} = 0,02 \pm 0,02, \quad (5)$$

погрешность измерения которой еще не позволяет говорить о скольконибудь значимой разнице в параметрах  $\mathcal{P}$  и  $\mathcal{Q}$  при энергии 635 МэВ.

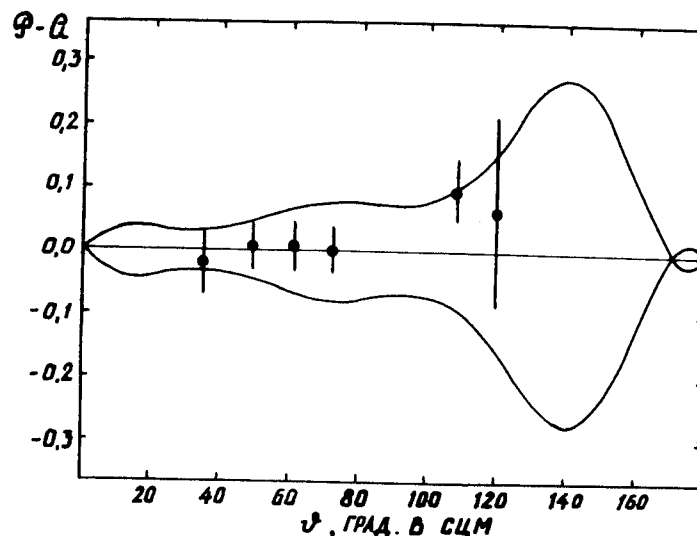


Рис.7. Угловая зависимость разности  $(\mathcal{P} - \mathcal{Q})_{pn}$ .

Черные точки - результаты наших измерений.

Сплошные кривые - предсказания теоретических работ<sup>[7, II]</sup>, результаты вычислений которых содержат двузначность.



Таблица 3

$\vartheta_{IP}$ , ГРАД., С.Д.М.	$\mathcal{P} - \mathcal{Q}$	$\pm \Delta(\mathcal{P} - \mathcal{Q})$	$\vartheta_{IP}$ , ГРАД., С.Д.М.	$\mathcal{P} - \mathcal{Q}$	$\pm \Delta(\mathcal{P} - \mathcal{Q})$
34,5	-0,02	0,06	72,0	0,00	0,04
49,0	0,01	0,04	108,2	0,10	0,05
61,5	0,01	0,04	119,5	0,09	0,14

Величина отношения  $Re t$  к полной амплитуде рр-рассеяния, полученная суммированием результатов измерений во всем диапазоне углов (34 - 119)<sup>0</sup> с.д.м., равна  $0,00 \pm 0,01$ .

На этом основании можно утверждать, что если в рр-рассеянии при энергии 635 МэВ и существует эффект нарушения Т - четности, то его вклад в полную амплитуду процесса, по-видимому, не превышает (1±3)%. Этот вывод и точность наших оценок находятся в согласии с заключениями и оценками, сделанными ранее на основе результатов исследования принципа Т - инвариантности в упругом рр-рассеянии при энергиях 142, 180<sup>3/</sup>, 220<sup>1,2/</sup>, 430<sup>5/</sup> и 635<sup>4/</sup> МэВ.

Сравнение с теоретическими предсказаниями. Найденные нами значения разности  $\mathcal{P} - \mathcal{Q}$  можно сравнить с результатами теоретических предсказаний для этой величины. Такие расчеты были выполнены в ряде исследований Брайена, Глейзера и др.<sup>16-8/</sup> и в более ранней работе Сударшана<sup>18/</sup>. Авторы этих работ исходили из моделей  $NN$  - взаимодействия, основанных на гипотезе Сударшана<sup>18/</sup>. Согласно ей при взаимодействии двух нуклонов необходимо учитывать обмен  $A_1$  (1070) - мезоном.

Связь  $A_1$  - мезона с нуклоном такова, что в лагранжиане  $NN$  - взаимодействий возникает члены двух типов: с прямой связью, характеризующейся константой взаимодействия  $g_A$ , и с производными от поля  $A_1$  с константой взаимодействия  $f_A/M$ , где  $M$  -

Недавно стали известны данные, которые можно рассматривать как косвенное подтверждение Т - инвариантности в пр-рассеянии при энергии 600 МэВ. Эти результаты были получены Брайеном<sup>11/</sup> на основе анализа неопубликованных результатов опыта Кёрта и др.<sup>15/</sup>, измеривших параметры  $R, R', A$  и  $A'$  в упругом пр-рассеянии при энергиях 500 и 600 МэВ. Величины параметра  $\mathcal{P}^{(9)}$  на трех углах рассеяния при энергии 600 МэВ, заимствованные нами из графика работы<sup>11/</sup>, приводятся в таблице 2. Согласно с результатами измерений параметра  $\mathcal{Q}$  при 600 МэВ<sup>16/</sup> и с нашими данными хорошеи<sup>1/</sup>.

Таблица 2

$\vartheta_{IP}$ , ГРАД.	$e_{(pn)}$	$\pm \Delta e_{(pn)}$	$\mathcal{P}_{pn}$	$\pm \Delta \mathcal{P}_{pn}$	$\mathcal{Q}_{pn}^{[9]}$	$\pm \Delta \mathcal{Q}_{pn}^{[9]}$	$\vartheta_{IP}$ , ГРАД.	$\mathcal{P}_{pp}$	$\pm \Delta \mathcal{P}_{pp}^{[15]}$
34,5	0,111	0,010	0,330	0,040	0,346	0,046	90	-0,27	0,05
49,0	0,064	0,009	0,189	0,028	0,179	0,030	111,7	-0,36	0,04
61,5	0,021	0,012	0,065	0,036	0,078	0,025	123,5	-0,22	0,06
72,0	0,000	0,012	0,000	0,030	0,004	0,030			
108,2	-0,097	0,012	-0,256	0,036	-0,356	0,040			
119,5	-0,070	0,040	-0,237	0,135	-0,324	0,040			

#### Оценки Т - нечетных величин в амплитуде рр-рассеяния

Экспериментальные значения разности и известные результаты фазового анализа при 635 МэВ делают возможной оценку вклада Т - нечетного члена ( $t$ ) в амплитуду упругого рр-рассеяния<sup>17/</sup>.

\* Результаты<sup>11/</sup>, относящиеся к энергии 500 МэВ, по-видимому, содержат в себе большую систематическую погрешность и заметно расходятся с измеренными другими авторами<sup>16/</sup> значениями параметра  $\mathcal{Q}_{pp}$  при этой энергии.

масса нуклона. Поскольку первые четны относительно операции зарядового сопряжения  $C$ , а вторые нет, то результирующий лагранжиан оказывается  $T$  - нечетным. Брайен и др. /6-8/ обобщили этот лагранжиан, учтя в нем члены от обмена скалярным, векторными и псевдовекторными мезонами. Один из результатов такого расчета, выполненного для пр-рассеяния при энергии 600 МэВ /II, 7/, приведен на рис. 7 вместе с экспериментальными результатами, полученными для  $P$ - $\alpha$  в настоящей работе. Из этого рисунка ясно можно видеть, что теоретически предсказываемые значения разности  $P$ - $\alpha$  сильно отличаются от нуля и определенно не согласуются с данными наших измерений. Отсюда мы заключаем, что если исходить из подхода, развиваемого авторами работ /6-8, II, 18/, и учесть наш результат (5), то для достижения согласия с опытом значение  $g_A f_A / M$ , использованное в /10-13, 6-8/, следует уменьшить примерно на порядок. Этот вывод находится в согласии с аналогичным заключением, сделанным недавно в работе /II/, автор которой пересмотрел прежние значения некоторых параметров своей модели.

#### Литература

1. P. Hillman, A. Jahansson, G. Tibell. Phys. Rev., 110, 1218 (1958).
2. A. Abashian, E. Hafner. Phys. Rev. Lett., 1, 255 (1958).
3. C. H. Nwang, T. P. Ophel, E. H. Thorndike, R. Wilson. Phys. Rev., 119, 352 (1960).
4. Р. Я. Зулькарнеев, В. С. Надеждин, В. И. Сагаров. ЯФ, 10, 973 (1969).
5. P. Handler, S. Wright, L. Pondrom et al. Phys. Rev. Lett., 19, 933 (1967).

6. R. Bryan. Phys. Rev., D2, 902 (1970); C. C. Chiang, R. J. Gleiser, M. Hug, R. P. Saxena. Phys. Rev., 177, 2167 (1969).
7. R. Bryan, A. Gersten. Phys. Rev. Lett., 26, 1000 (1971); 27, 1102 (E) (1971).
8. J. Binatock, R. Bryan, A. Gersten. Phys. Lett., 48B, 77 (1974).
9. В. П. Джелепов, Б. М. Головин, В. И. Сагаров, В. С. Надеждин. Материалы XII Междунар. конф. по физике выс. энергий. Дубна, 1964, стр. II (том I); ЖЭТФ, 36, 433 (1959); Исправления см.: Р. Вильсон. Нуклон-нуклонные взаимодействия. "Мир", Москва, 1965.
10. R. J. Phillips. Nuovo Cim., 8, 265 (1958); J. Bell, F. Mandel. Proc. Phys. Soc., 71, 272A (1958); A. Woddruff. Ann. Phys., 7, 65 (1969); E. H. Thorndike. Phys. Rev., 138, 568(B) (1965).
11. R. Bryan. Phys. Rev., D10, 3854 (1974); Preprint CPT-208, University of Texas, USA, 1975; R. Bryan, A. Gersten. Preprint RITP, 9-75, Helsinki, Finland, 1975.
12. Р. Я. Зулькарнеев, В. С. Надеждин, В. И. Сагаров. ЯФ, II, 178 (1970).
13. R. Eandi, R. Kenney, V. Peterson. Nucl. Instr. and Meth., 32, 213 (1965).
14. Л. Н. Глonti, Д. М. Казаринов, И. К. Поташникова. ОИЯИ, PI-6362, Дубна, 1971; P. McManigal, R. Eandi, S. Kaplan, B. Moyer. Phys. Rev., 148, 1280 (1966); E. Heiberg. Phys. Rev., 106, 1271 (1957).
15. K. C. Leung. Lawrence Berkeley Laboratory Report. UCRL-19705 (Unpublished Thesis), March, 1970; L. Kerth n and K. Leung. Private communication to R. Bryan.
16. D. Cheng, B. MacDonald, J. Helland, Ph. Ogden. Phys. Rev., 162, 1470 (1967).
17. Л. Н. Глonti, Д. М. Казаринов, В. С. Киселев, И. Н. Силян, ОИЯИ, PI-6387, Дубна, 1972; С. И. Биленькая, Л. Н. Глonti, Д. М. Казаринов, В. С. Киселев. ЖЭТФ, 59, 1049 (1970).
18. E. C. G. Sudarshan. Proc. Roy. Soc., A305, 319 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел  
16 декабря 1975 года.