

0340.26

14 / VIII - 46

A-341

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2233



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Л. Ажгирей, Ю. Кумекин, М. Мешеряков,  
С. Нурушев, В. Соловьянов, Г. Столетов

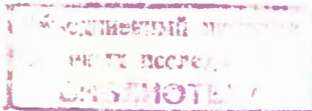
ДВОЙНОЕ  $pp$ -РАССЕЯНИЕ ПРИ 667 МЭВ  
*Phys. Lett, 1965, v18, n2, p 203-206*

1965

Л. Алгадей, Ю. Кузнецки, М. Мещеряков,  
С. Нурушев, В. Соловьяков, Г. Столетов

ДВОЙНОЕ  $pp$  -РАССЕЯНИЕ ПРИ 667 МЭВ

Направлено в Physics Letters



*ар. 3448/1*

Использование сложных ядер в качестве поляризатора или анализатора в экспериментах по двойному рассеянию протонов высокой энергии ( $E \geq 500$  Мэв), когда ставится трудно отделить упруго рассеянные протоны от протонов, испытавших слабо неупругое рассеяние, существенно ограничивает надежность измерений поляризации вторичных протонов. Неопределенность обусловлена тем, что поляризация протонов, рассеянных с возбуждением низколежащих состояний используемых ядер<sup>x)</sup>, вообще говоря, должна быть отлична от поляризации протонов в дифракционном рассеянии.

Чтобы обойти эту трудность, мы выполнили эксперимент по двойному рассеянию протонов свободными протонами, когда удается легко отделить упругое рассеяние от неупругих процессов. Схема эксперимента показана на рис. 1. Выведенный из синхротрона неполяризованный пучок протонов фокусировался квадрупольными линзами и падал на поляризатор  $T_1$ , представлявший собой наполненный жидким водородом цилиндр диаметром 5 см и длиной 30 см. В центре поляризатора энергия протонов равнялась  $(867 \pm 5)$  Мэв и пучок имел ширину 1 см и высоту 2 см.

Упруго рассеянные протоны, испущенные под углом  $\theta_1$ , величина которого варьировалась в пределах от  $1,9$  до  $12,0^\circ$ , выделялись магнитом  $H$  и далее попадали на тонкий полиэтиленовый анализатор  $T_2$ . Лево-правая асимметрия  $\epsilon(\theta_1, \theta_2)$  в  $pp$ -рассеянии на угол  $\theta_2 = 21^\circ$  в  $T_2$  измерялась при помощи поляриметра, состоящего из двух пар сопряженных телескопов (счетчики  $12-345$  и  $1'2'-3'4'5'$ ), устанавливаемых поочередно справа и слева относительно вторичного пучка так, чтобы одновременно выделять упругое  $pp$ -рассеяние в телесном угле  $3 \cdot 10^{-3}$  стерад.

Для определения величины анализирующей способности анализатора  $T_2$  была отдельно измерена асимметрия  $\epsilon(12^\circ, 12^\circ)$ , оказавшаяся равной  $0,222 \pm 0,011$ . Кроме того, чтобы учесть различие в энергии между первым и вторым рассеяниями, в интервале от 802 до 858 Мэв была измерена энергетическая зависимость поляризации в упругом

x) Этот процесс при 880–725 Мэв заметно конкурирует с упругим рассеянием протонов даже в области углов, расположенной ниже первого дифракционного минимума  $/1,2/$ .

pp-рассеянии на углы  $12$  и  $21^\circ$ . В этом эксперименте использовался пучок поляризованных протонов от рассеяния на  $7^\circ$  в углеродном поляризаторе. Энергия протонов в этом пучке менялась с помощью полиэтиленовых фильтров, устанавливаемых в коллиматоре  $K_3$ .

Анализ всех результатов измерений показал, что на протяжении рассматриваемой области энергий возрастание поляризации в pp-рассеянии на углы  $12$  и  $21^\circ$  может быть представлено в форме

$$P(\theta, E) = P(\theta, E') [1 - k(E' - E)],$$

где ( $E' = 667$  Мэв,  $P(12^\circ, 667 \text{ Мэв}) = 0,506 \pm 0,016$ ;  $P(21^\circ, 667 \text{ Мэв}) = 0,580 \pm 0,046$  и  $k = (2,44 \pm 0,93) \cdot 10^{-3} \cdot \text{Мэв}^{-1}$ . Найденные значения поляризации в упругом pp-рассеянии при  $667$  Мэв вместе со статистическими ошибками измерений приведены в таб-

Т а б л и ц а  
Значения поляризации в pp-рассеянии при  $667$  Мэв

$\theta_1$ , град л.с.	$\theta$ , град с.п.м.	$P \pm \Delta P$
1,9	4,4	$0,012 \pm 0,028$
2,1	4,8	$0,051 \pm 0,024$
3,1	7,2	$0,140 \pm 0,029$
4,5	10,4	$0,242 \pm 0,026$
5,2	12,1	$0,272 \pm 0,017$
7,0	18,3	$0,357 \pm 0,019$
9,2	21,3	$0,448 \pm 0,028$
12,0	27,9	$0,506 \pm 0,016$
21,0	48,2	$0,580 \pm 0,046$

лице. Предполагая далее, что с увеличением энергии от  $635$  до  $667$  Мэв форма кривой, представляющей угловую зависимость поляризации в pp-рассеянии, остается неизменной, мы нормировали к энергии  $667$  Мэв, найденные в <sup>/3/</sup> при  $635$  Мэв значения асимметрии в pp-рассеянии для углов, больших  $12^\circ$ . Величины соответствующего нормирующего множителя и коэффициентов  $b_{2n}$  в ядерной части разложе-

$$\sigma(\theta) P(\theta) = \sin \theta \cos \theta \sum_{n=0}^{\ell_{\max} - 1} b_{2n} P_{2n}(\cos \theta) + [\sigma(\theta) P(\theta)]_{\text{Int}}$$

были определены методом наименьших квадратов. При этом использовались значения дифференциальных сечений  $\sigma(\theta)$  pp-рассеяния, приведенные в таблице 1 работ <sup>/4/</sup> и, кроме того, использовались данные работы <sup>/5/</sup> для углов  $\theta > 5^\circ$ . При исключении

вклада интерференционного члена  $[\sigma(\theta) P(\theta)]_{\text{int}}$  брались нерелятивистские выражения для амплитуд кулоновского рассеяния.

Таким путем было показано, что ядерная часть  $\sigma(\theta) P(\theta)$  может быть аппроксимирована выражением:

$$[\sigma(\theta) P(\theta)]_N = \sin \theta \cos \theta [(0,46 \pm 0,02) P_0(\cos \theta) + (0,53 \pm 0,04) P_2(\cos \theta) + (0,36 \pm 0,06) P_4(\cos \theta) + (0,17 \pm 0,05) P_6(\cos \theta) + (0,11 \pm 0,05) P_8(\cos \theta)] \cdot 10^{-26} \text{ см}^2.$$

Обнаружение в разложении  $[\sigma(\theta) P(\theta)]_N$  по полиномам Лежандра члена с  $P_8(\cos \theta)$  стало возможным благодаря включению в анализ данных о поведении поляризации в области малых углов, где она чувствительна к высоким триплетным состояниям. Это свидетельствует о том, что в данной области энергий заметный вклад в поляризацию дают состояния с орбитальным моментом до  $\ell=5$  включительно.

Значения поляризации при 867 Мэв, найденные для малых углов в настоящих экспериментах, а для больших углов — путем описанной перенормировки прежних результатов, приведены на рис. 2. В области больших углов рассеяния новые значения поляризации согласуются с данными Бетца и др.<sup>/8/</sup>, а также Доста<sup>/7/</sup>; с другой стороны, экстраполяции к энергии 835 Мэв дает значения, превышающие найденные в<sup>/3,8/</sup>. Это расхождение вызвано тем, что поляризации пучка протонов, использованного в работах<sup>/3,8/</sup>, было ошибочно приписано значение  $0,58 \pm 0,03$ , отвечающее, в основном, поляризации дифракционно рассеянных протонов. В действительности же, поляризация этого пучка была меньше из-за наличия в нем примеси протонов, испытавших слабо неупругое рассеяние.

Новые значения поляризации  $P(\theta)$  вместе со значениями дифференциальных сечений  $\sigma(\theta)$ , полного сечения  $\sigma_{pp}$ -взаимодействия, а также полных сечений неупругих процессов  $\sigma_{\pi^+pn}$ ,  $\sigma_{\pi^+d}$ ,  $\sigma_{\pi^0pp}$  при 860 Мэв, параметров тройного рассеяния  $D(90^\circ)$ ,  $R(\theta)$ ,  $A(\theta)$ , коэффициентов спиновой корреляции  $C_{kp}(90^\circ)$  и  $C_{np}(90^\circ)$ <sup>x)</sup> были подвергнуты фазовому анализу. Кроме того, в анализ были включены значения поляризации  $P(\theta)$  и коэффициента спиновой корреляции  $C_{np}(\theta)$ , измеренные недавно при 880 Мэв<sup>/7/</sup>. Всего использовалось 74 значения наблюдаемых величин. Их параметризация и программа расчетов были такими же, как и в<sup>/8/</sup>. Как и ранее, предполагалось, что имеет место только резонансное образование пионов в начальных  $P_{0,1,2}$ ,  $D_2$  и  $F_{2,3}$ -состояниях.

x) Значения  $\sigma(\theta)$ ,  $\sigma_{\pi^+pn}$ ,  $\sigma_{\pi^+d}$ ,  $\sigma_{\pi^0pp}$ ,  $D(90^\circ)$ ,  $R(\theta)$ ,  $A(\theta)$ ,  $C_{kp}(90^\circ)$  и  $C_{np}(90^\circ)$  приведены в таблице 1<sup>/4/</sup>. Из найденных ранее значений  $D(\theta)$  и  $C_{np}(\theta)$  в описываемый анализ были включены только значения  $D(90^\circ)$  и  $C_{np}(90^\circ)$ , так как они не зависят от результатов перенормировки величины поляризации в  $pp$ -рассеянии и поляризации пучка протонов, использованных при измерении  $D(\theta)$  и  $C_{np}(\theta)$ .

Анализ показал, что данные о рр-рассеянии вблизи 660 Мэв с хорошей достоверностью ( $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 1,13$ ) могут быть представлены следующим набором фазовых сдвигов и коэффициентов поглощения:

$$\begin{array}{lll}
 \delta(^1S_0) = -27,9 \pm 11,3; & \delta(^1P_0) = -28,7 \pm 19,2; & \delta(^2P_1) = -28,8 \pm 4,5; \\
 \delta(^2P_2) = 29,1 \pm 5,4; & \epsilon_2 = -2,5 \pm 4,0; & \delta(^1D_2) = 8,2 \pm 4,8; \\
 \delta(^3F_2) = -3,8 \pm 2,5; & \delta(^3F_3) = -0,3 \pm 6,2; & \delta(^3F_4) = 3,6 \pm 1,4; \\
 \epsilon_4 = -5,5 \pm 1,4; & \delta(^1G_4) = 5,5 \pm 2,3; & \delta(^3H_4) = -0,2 \pm 1,0; \\
 \delta(^3H_5) = -2,0 \pm 1,4; & \delta(^3H_6) = 1,0 \pm 0,9 \text{ (в градусах) и} & \\
 r(^2P_0) = 0,90 \pm 0,23; & r(^3P_1) = 1,26 \pm 0,26; & r(^3P_2) = 0,88 \pm 0,20; \\
 r(^1D_2) = 0,86 \pm 0,04; & r(^3F_2) = 0,96 \pm 0,07; & r(^3F_3) = 0,64 \pm 0,12.
 \end{array}$$

Это фазовое решение в общих чертах совпадает с ранее найденным /4,10,11,12/.

#### Л и т е р а т у р а

1. Л. Ажгирей, Ю. Кумекин, М. Мешеряков, С. Нурушев, Г. Столетов, Хуан Де-нин. ДАН СССР, 145, 61 (1962).
2. F. Maniagal, R. Endi, S. Kaplan, B. Meyer. Phys. Rev., 137, B620 (1965).
3. М. Мешеряков, С. Нурушев, Г. Столетов; ЖЭТФ, 33, 37 (1957).
4. Л. Ажгирей, Н. Клепиков, Ю. Кумекин, М. Мешеряков, С. Нурушев, Г. Столетов. Phys. Lett., 6, 196 (1963); ЖЭТФ, 45, 1174 (1963).
5. В. Гужавин, Г. Клепиков, В. Колганов, А. Лебедев, К. Марин, М. Мусин, Ю. Прокошкин, В. Смолянкин, А. Соколов, Л. Сороко, Цуй Ва-чун. ЖЭТФ, 47, 1228 (1964).
6. E. Betz, Y. Aregis, H. Dost, M. Nahsroul, L. Holloway, G. Schultz, G. Shapiro, W. Troka. UCRL-11440, 1964.
7. H. Dost, UCRL - 11877, 1965.
8. В. Дзелепов, Б. Головкин, В. Надеждин, В. Сатаров. Доклад на конференции по физике высоких энергий. Дубна, 1964.
9. Л. Ажгирей, Н. Клепиков, Ю. Кумекин, М. Мешеряков, С. Нурушев, Г. Столетов. ЖЭТФ, 45, 1174 (1963).
10. Л. Ажгирей, Н. Клепиков, Ю. Кумекин, М. Мешеряков, С. Нурушев, Г. Столетов. ЖЭТФ, 48, 1074 (1964).
11. И. Быстрицкий, Р. Зулькарнаев. ЖЭТФ, 45, 1169 (1963).
12. Y. Nambu, N. Hoshizaki. Progr. Theor. Phys., 31, 609 (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 июня 1965 г.

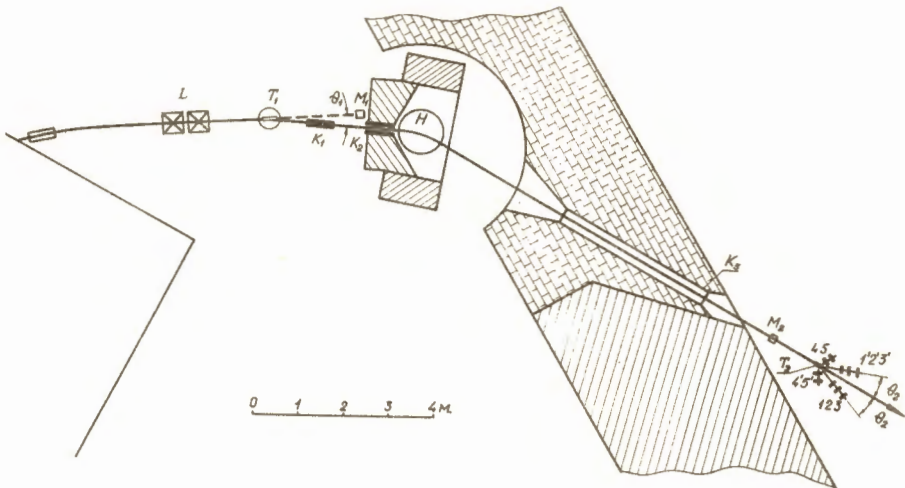


Рис. 1. Схема эксперимента. L-квадрупольные линзы;  $T_1$ ,  $T_2$  - поляризатор и анализатор;  $M_1$ ,  $M_2$  - мониторы;  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  - коллиматоры; H - магнит; 1-5 и 1'-5' - сцинтилляционные счётчики.

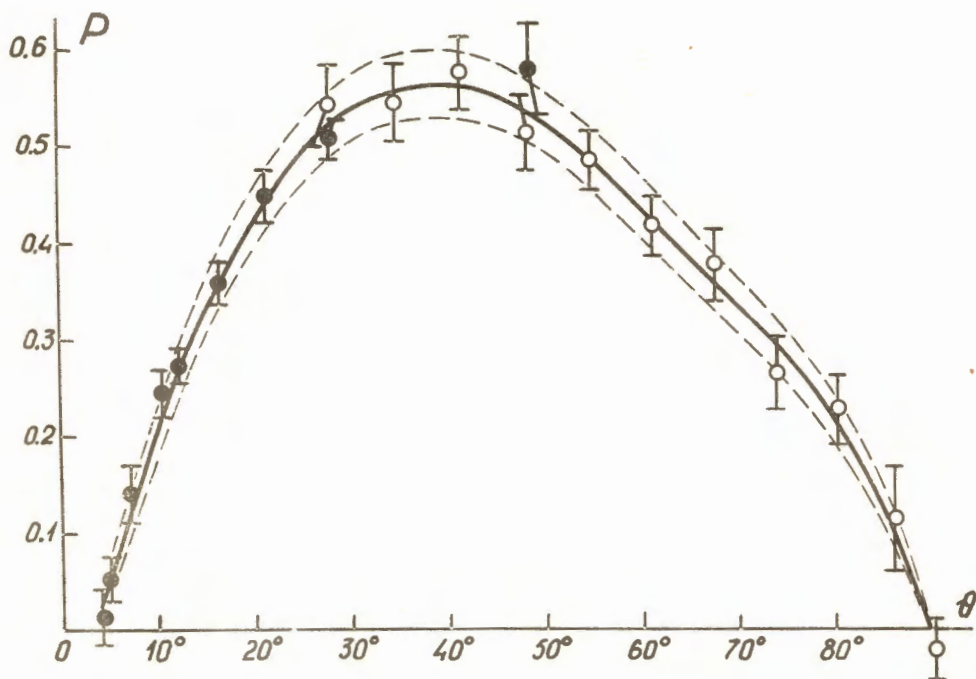


Рис. 2. Угловая зависимость поляризации в упругом  $pp$ -рассеянии при 687 Мэв.  
 • - настоящие эксперименты;  $\circ$  - ненормированные данные из [13].  
 Сплошная кривая аппроксимирует экспериментальные значения поляризации в соответствии с разложением  $\sigma(\theta) P(\theta)$  по полиномам Лежандра. Штриховые линии показывают коридор ошибок аппроксимирующей кривой.