

С 546.48

22/10-66

В-611

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P1 - 3008



А.С. Вовенко, Б.Н. Гуськов, Т. Добровольский ,
М.Ф. Лихачев, А.Л. Любимов, Ю.А. Матуленко,
В.С. Ставинский

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

СТРУКТУРА В УПРУГОМ $\pi^+ p$ -РАССЕЯНИИ НАЗАД

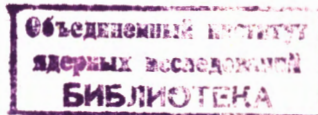
1966

P1 - 3008

А.С. Вовенко, Б.Н. Гуськов, Т. Добровольский^{x/},
М.Ф. Лихачев, А.Л. Любимов, Ю.А. Матуленко,
В.С. Ставицкий

СТРУКТУРА В УПРУГОМ $\pi^+ p$ -РАССЕЯНИИ НАЗАД

Направлено в "Phys.Let."



^{x/} Постоянный адрес: Институт ядерных исследований, Краков (Польша).

464 / 4791

На синхрофазотроне ОИЯИ были измерены дифференциальные сечения упругого $\pi^+ p$ -рассеяния назад в интервале импульсов 2,06–4,70 Гэв/с при 13 значениях импульса π^+ -мезонов. Измерения производились при фиксированном угле вылета протонов отдачи в л.с. $\theta_p = 1,9^\circ$ (что соответствует средним углам рассеяния в с.д.м. от $174,5^\circ$ при 2,06 Гэв/с до 173° при 4,70 Гэв/с). Эффективный интервал углов рассеяния, выделяемый установкой, менялся с энергией и составлял 2° (в с.д.м.) при 2,06 Гэв/с и 3° при 4,70 Гэв/с.

Схема установки, сходной с использовавшейся в прежних работах ^{/1,2/}, приведена на рис. 1. Пучок положительных частиц с разбросом импульсов $\frac{\Delta p}{p} = \pm 1\%$ и угловой расходимостью ± 5 мрад по горизонтали и $\pm 2,5$ мрад по вертикали падал на жидководородную мишень H_2 длиной 50 см. Размеры пучка на мишени составляли $1,5 \times 2,5$ см². Монитором π^+ -мезонов служили сцинтилляционные счетчики S_1 и S_2 и газовый дифференциальный черенковский счетчик 1ДС2, дискриминировавший π^+ -мезоны от протонов и K^+ -мезонов. Импульс пучка определялся с точностью 0,3% по кривой зависимости от давления эффективности регистрации π^+ -мезонов газовым пороговым черенковским счетчиком 1С1.

Протоны отдачи от упругого $\pi^+ p$ -рассеяния назад проходили через отверстие счетчика S_R , газовый пороговый черенковский счетчик 1С1, сцинтилляционный счетчик S_8 и попадали в магнитный спектрометр из двух сильнофокусирующих магнитов M_1 и M_2 , дающий отклонение на 20° . В фокусе магнитного спектрометра между счетчиками S_4 и S_5 помещалась искровая камера SCII. По горизонтальной координате трека в этой камере определялся импульс протона отдачи. Газовые пороговые черенковские счетчики 1С1 и 3С1 служили для подавления π^+ -мезонного фона. Рассеявшийся назад π^+ -мезон детектировался сцинтилляционным счетчиком S_6 и искровой камерой SC1. Искровые камеры запускались совпадениями счетчиков:

$$S_1 + 1DC2 + S_2 + S_6 + S_3 + S_4 + S_5 - 1C1 - 3C1 - S_R$$

Эффективный телесный угол установки рассчитывался по методу Монте-Карло для каждой из измеренных энергий и менялся от 2,33 мстер (с.д.м.) при 2,06 Гэв/с до 4,47 мстер при 4,70 Гэв/с.

Всего в ходе эксперимента было получено около 5000 снимков искровых камер.

Для нахождения случаев упругого π^+ р-рассеяния назад сперва производился отбор снимков по следующим критериям:

а) продолжение следа частицы в искровой камере SC1 должно проходить через счетчик S_8 и водородную мишень;

б) вертикальный и горизонтальный углы следа частицы в SC1 должны лежать в определенных пределах (распределение по этим углам совпадало с рассчитанным по методу Монте-Карло).

в) след частицы в SCII должен лежать в заданном угловом интервале (для исключения частиц, идущих не из спектрометра).

Для событий, удовлетворяющих этим критериям, строилось распределение по горизонтальной координате следов в искровой камере SCII (т.е. по импульсу частицы). При всех импульсах рассеиваемых π^+ -мезонов на этих распределениях имелся либо только один пик, положение и ширина которого соответствовали ожидаемым для протонов отдачи от упругого π^+ р-рассеяния назад, либо еще дополнительно к этому пику имелось небольшое сгущение, обусловленное, по-видимому, в основном случайными совпадениями с частицами пучка и достаточно удаленное от упругого протонного пика, поэтому определение числа случаев упругого рассеяния не представляло затруднений. Было всего найдено 372 случая упругого π^+ р-рассеяния назад. При вычислении дифференциальных сечений вносились следующие поправки:

а) на взаимодействие π^+ -мезонов и протонов в водороде и веществе счетчиков и искровых камер (поправочный коэффициент составлял 1,44);

б) на примесь μ^+ -мезонов и позитронов в пучке (поправка измерялась экспериментально и составляла (3+1)%);

в) на эффективность счетчиков и электроники (эффективность счетчиков и электроники многократно измерялась в ходе эксперимента и составляла от 80 до 91%);

г) на мертвое время искровых камер (эта поправка не превышала обычно 3%).

Полученные величины дифференциальных сечений упругого π^+ р-рассеяния назад сведены в таблицу.

Приведенные ошибки являются только статистическими. Для всех энергий имеется общая неопределенность $\pm 10\%$ в абсолютной величине дифференциальных сечений из-за неопределенности в поправках. По этой же причине имеется неопределенность в относительной величине дифференциальных сечений (около 3%).

На рис. 2 представлены величины дифференциальных сечений упругого π^+ р-рассеяния назад в зависимости от импульса π^+ -мезонов в интервале 1-5 Гэв/с. Как видно из рисунка, результаты данной работы показывают существование двух максимумов, положение и ширина которых соответствуют известным изобарам $\Delta(2420)$ и $\Delta(2840)$. Данные других работ ^{/3,4/} свидетельствуют о существовании максимума при $\approx 1,4$ Гэв/с, соответствующего изобаре $\Delta(1920)$.

Структура в энергетической зависимости дифференциальных сечений π^+p -рассеяния назад, где могут проявиться только изобары с изотопическим спином $T = 3/2$, имеет ряд сходных черт, но не совпадает со структурой в π^-p -рассеянии назад^{/8/}.

Сплошной линией на рисунке нанесена расчетная кривая для величины сечений упругого π^+p -рассеяния на 174° (с.п.м.), полученная в предположении, что это рассеяние обусловлено резонансами в S -канале. Полная амплитуда представлялась в виде суммы Брейт-Вигнеровских резонансных амплитуд:

$$f_{\text{рез.}}(\theta) = \frac{1}{K} \sum \frac{x}{\epsilon - i} (j + \frac{1}{2}) P_{\ell}(\cos\theta),$$

где x - параметр упругости резонанса, j , ℓ - полный и орбитальный угловой момент, $\epsilon = \frac{M^2 - S}{M\Gamma}$, M и Γ - масса и полная ширина резонанса соответственно.

Суммирование производилось по изобарам $\Delta(1236)$, $\Delta(1670)$, $\Delta(1924)$, $\Delta(2420)$ и $\Delta(2840)$. Для изобар $\Delta(2420)$ и (2840) массы и ширины были взяты из работы^{/8/}. Амплитуда $x \cdot (j + \frac{1}{2})$ для $\Delta(2420)$ была взята также из работы^{/8/}, а для $\Delta(2840)$ в 1,5 раз больше, чем приведенная в этой работе. Для параметров других изобар использовались также экспериментальные значения. Варьирование параметров резонансов с целью получения наилучшего согласия с экспериментальными данными не производилось. При расчете кривой, приведенной на рис. 2, четности изобар $\Delta(2420)$ и $\Delta(2840)$ полагались совпадающими с четностью изобары $\Delta(1920)$, которая была установлена ранее^{/4/}, т.е. положительными. Изменение четностей изобар $\Delta(2420)$ или $\Delta(2840)$ или обоих на обратную приводит к зависимости, находящейся в резком противоречии с нашими экспериментальными результатами вследствие появляющейся в этом случае деструктивной интерференции с ближайшими Δ -изобарами.

Учет зависимости величины Γ от энергии, который может улучшить согласие расчетной кривой с экспериментальными данными, не меняет вывода о четностях изобар. Таким образом, четность изобар $\Delta(2420)$ и $\Delta(2840)$ является положительной.

Следует заметить, что π^+p -рассеяние назад удается удовлетворительно описать только резонансной амплитудой (в отличие от π^-p -рассеяния, где необходим учет также и нерезонансной обменной амплитуды^{/10/}). Это, по-видимому, обусловлено тем, что относительный вклад резонансной амплитуды в полную амплитуду для упругого π^+p -рассеяния заметно больше, чем для π^-p -рассеяния.

Экспериментальные величины дифференциальных сечений упругого π^+p -рассеяния назад в рассматриваемом интервале энергий сравнивались также с расчетами, исходящими из представления амплитуды этого рассеяния как суммы резонансных амплитуд, представленных в Брейт-Вигнеровской форме, и нерезонансной амплитуды, параметризованной в соответствии с теорией полюсов Редже. Учет этой нерезонансной амплитуды рассеяния, при варьировании в широких пределах параметров траекторий, не меняет вывода о положительных четностях изобар $\Delta(2420)$ и $\Delta(2840)$, что и следовало ожи-

дать ввиду относительно малого вклада нерезонансной амплитуды в π^+p рассеяние назад.

Поскольку четности изобар $\Delta(2420)$ и $\Delta(2840)$, определенные из этого эксперимента, совпадают с четностями, использованными в работе /10/, где анализировалось упругое π^-p -рассеяние на 180° , то имеется дополнительное экспериментальное подтверждение полученным в этой работе отрицательным значениям четности изобар с изотопспином $T = 1/2$ $N_{\frac{1}{2}}^*$ (2190) и $N_{\frac{1}{2}}^*$ (2650).

Заслуживает внимания возможность удовлетворительного описания экспериментальных данных по π^+p -рассеянию назад малым числом параметров на основе оптических представлений /11/.

Авторы выражают глубокую благодарность И.А. Савину за большой вклад, внесенный им в создание установки и подготовку эксперимента. Авторы также благодарны В.К. Бирулеву, А.И. Завгороднему, И.Н. Какуруину, В.К. Перевозчикову, Н.И. Чернышеву за техническую помощь, А.Н. Твердохлебову и А.А. Хрушинскому за расчеты сечений резонансного рассеяния, студентам С.А. Краснову, В.В. Кухтину и А. Лебедеву за помощь в проведении эксперимента, М.П. Беляковой за просмотр и обработку снимков, А.К. Куликову и А.И. Валевичу за обслуживание водородной мишени, коллективу жидководородной ожижительной установки за бесперебойное обеспечение жидким водородом, коллективу синхрофазотрона за обеспечение четкой работы ускорителя.

Л и т е р а т у р а

1. I.A.Savin, A.S.Vovenko, B.N.Guskov, M.F.Likhachev, A.L.Lyubimov, Yu.A.Matulenko, V.S.Stavinsky, Hsu Yun-Chang. Phys.Lett., 17, 68 (1965).
2. А.С. Вовенко, Б.Н. Гуськов, М.Ф. Лихачев, А.Л. Любимов, Ю.А. Матуленко, И.А. Савин, В.С. Ставинский. Письма ЖЭТФ, т. II, 409 (1965).
3. J.A.Helland, T.J.Devlin, D.E.Hagge, M.J.Longe, B.J.Moyer, C.D.Wood. Phys.Rev., 134 B, 1062 (1964).
4. H.H.Atkinson, C.R.Cox, P.J.Duke, K.S.Heard, D.P.Jones, A.R.Kemp, P.G.Murphy, I.D.Prentice, L.I.Thresher. Proc.Roy.Soc. A, 289, 449 (1966).
5. W.R.Frisken, A.L.Read, H.Rudermann, A.D.Krisch, I.Orear, R.Rubinstein, D.B.Scarl, D.Z. White. Phys.Rev. Lett., 15, 313 (1965).
6. YA.I.Alichaniv, G.I.Bayatyan, E.V.Brakhmann, G.P.Eliseev, Yu.V.Galakionov, L.G.Landsberg, V.A.Lyubimov, I.V.Sidorov, F.A.Yetch, O.Ya.Zeldovich. Phys.Lett., 19, 345 (1965).
7. W.F.Baker, P.I.Carlson, V.Chaband, A.Lundby, E.Michaelis, I.Banaigs, I.Berger, C.Bonnel, I.Dufflo, I.Goldzahl, F. Ploin. Abstracts of International Conference on High Energy Phys. Oxford, 1965.
8. S.W.Kormanyos, A.D.Krisch, J.K.O'Fallon, K.Ruddick and L.G.Ratner. Phys. Rev.Lett., 16, 709 (1966).
9. A.Citron, W.Galbraith, T.F.Kycia, B.A.Leontic, R.H.Phillips, A.Rousset, P.H.Sharp. Phys.Rev., 144, 1101 (1966).

10. V. Barger and D. Cline. Phys. Rev. Lett., 16, 913 (1966).
11. В.С. Ставинский. Препринт ОИЯИ, Р-2-3018, Дубна, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 ноября 1966 г.

Т а б л и ц а

Дифференциальные сечения упругого $\pi^+ p$ - рассеяния назад

P_0 (ГэВ/с)	Сов θ (с.п.м.)	$d\sigma/d\Omega$ (мкб/стер)
2.06	0,9952	45,2 \pm 18,0
2.25	0,9950	93,2 \pm 32,2
2.55	0,9946	190,0 \pm 27,3
2.79	0,9944	107,0 \pm 19,9
2.94	0,9942	83,5 \pm 14,3
3.19	0,9940	33,1 \pm 7,2
3.46	0,9937	53,5 \pm 9,8
3.66	0,9935	51,3 \pm 9,7
3.84	0,9932	58,2 \pm 9,5
4.03	0,9930	55,0 \pm 7,4
4.26	0,9927	29,0 \pm 6,5
4.54	0,9924	27,9 \pm 7,2
4.70	0,9920	23,4 \pm 8,8

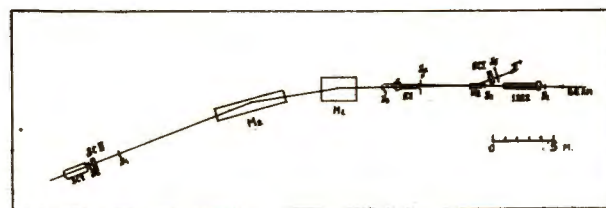


Рис. 1. Схема установки.

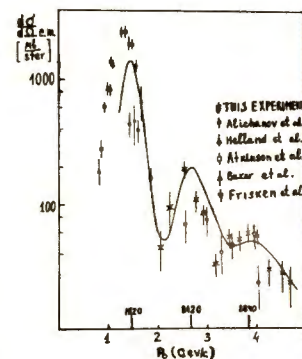


Рис. 2. Зависимость дифференциального сечения упругого $\pi^+ p$ -рассеяния назад от импульса. Экспериментальные данные других групп относятся к следующим углам рассеяния в с.п.м.: Holland et al^{/3/} и Atkinson et al^{/4/} $\theta^* = 160^\circ$, Friksen et al^{/5/} $\theta^* = 170^\circ$, Alichanov et al^{/6/} ($\pi^- p$ рассеяние) $\theta^* = 180 - 180^\circ$, Baker et al^{/7/} $\theta^* = 174^\circ$.
Сплошная кривая - расчет для $\theta^* = 174^\circ$, учитывающий только резонансную амплитуду рассеяния назад.