

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С 346.2г
Б-399

4/VI-73

P1 - 6993

2029/2-73

Г.Г.Безногих, А.Буяк, Н.К.Жидков, В.Й.Заячки,
Л.С.Солин, Л.Ф.Кириллова, В.А.Никитин,
В.А.Свиридов, Чыонг Бьен, М.Г.Шафранова

ПАРАМЕТР НАКЛОНА
И ДЕЙСТВИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ АМПЛИТУДЫ
УПРУГОГО $p-n$ -РАССЕЯНИЯ В ИНТЕРВАЛЕ
ЭНЕРГИЙ 10-70 ГЭВ

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P1 - 6993

Г.Г.Безногих, А.Буюк, Н.К.Жидков, В.Й.Заячки,
Л.С.Золин, Л.Ф.Кириллова, В.А.Никитин,
В.А.Свиридов, Чыонг Бьен, М.Г.Шафранова

ПАРАМЕТР НАКЛОНА
И ДЕЙСТВИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ АМПЛИТУДЫ
УПРУГОГО p - n -РАССЕЯНИЯ В ИНТЕРВАЛЕ
ЭНЕРГИЙ 10-70 ГЭВ

Направлено в ЯФ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Введение

Экспериментальные данные о $p-n$ -рассеянии при высоких энергиях дают информацию для оценки ряда моделей теории сильных взаимодействий. Большой интерес представляет сравнение величины отношения действительной части амплитуды упругого $p-n$ рассеяния к мнимой ее части при $t=0$ α_{pn} с величинами, предсказанными дисперсионными соотношениями. Сопоставление параметров амплитуд $p-n$ и $n-p$ рассеяния может служить для проверки применимости модели Глаубера и степени ее точности.

Для определения характеристик амплитуды упругого $p-n$ рассеяния использовались дифференциальные сечения упругого $p-d$ рассеяния ^{/1,2/} и параметры амплитуды упругого $p-p$ рассеяния ^{/3,4/}, измеренные на ускорителе в Серпухове в интервале энергий 10-70 Гэв. Были взяты данные в интервале $0,002 \leq |t| \leq 0,05$ /Гэв/с². Для анализа использовалась модель Глаубера ^{/5/}. В рамках этой модели при малых величинах четырехмерного переданного импульса дифференциальное сечение упругого $p-d$ рассеяния может быть выражено через амплитуды упругого $p-p$ и $p-n$ рассеяния на свободных нуклонах $f_{pp}(t)$ и $f_{pn}(t)$:

$$\left| \frac{d\sigma}{dt} \right|_{pd} = \left| S\left(\frac{t}{4}\right) \left[f_c(t) + \exp(i\chi_{cp}) f_{pp}(t) + \exp(i\chi_{cn}) f_{pn}(t) \right] + \frac{ih}{\sqrt{\pi}} \exp(i\chi_{cnp}) f_{pn}\left(\frac{t}{4}\right) f_{pp}\left(\frac{t}{4}\right) \right|^2 \quad /1/$$

Для амплитуд рассеяния на свободных нуклонах была использована следующая параметризация:

$$f(t) = \frac{\sigma}{4\sqrt{\pi}h} (i + \alpha) \exp\left(\frac{bt}{2}\right),$$

где σ - полные сечения взаимодействия, их значения брались

из работы /6/; b - параметр наклона; $t_c = \frac{2n\hbar\sqrt{\pi}}{|t|} F_p(t)e^{-\eta}$

- амплитуда кулоновского рассеяния, где $F_p(t)$ - электромагнитный формфактор протона;

$$\eta = 2n \ln \frac{1.06 \hbar}{a \sqrt{|t|}}$$

$n = 1/137 \beta$ лаб./ β лаб. - скорость налетающей частицы в лабораторной системе в единицах c ; a - величина порядка радиуса нуклон-нуклонного взаимодействия /1 ф /.

$$S^2\left(\frac{t}{4}\right) = S_0^2\left(-\frac{t}{4}\right) + S_2^2\left(\frac{t}{4}\right).$$

$S_0(t)$ и $S_2(t)$ - формфакторы дейтона в S и D состояниях.

Значения $S^2\left(\frac{t}{4}\right)$ взяты из работы /7/.

Величины χ_i ($i = sp, sn, spn$) представляют собой средние значения сдвигов кулоновских фаз по отношению к ядерному рассеянию / χ_{sp} , χ_{sn} и χ_{spn} - соответственно сдвиги фаз по отношению к $p-p$, $p-n$ и двойному ядерному рассеянию/. В /8/ было показано, что $\chi_{sp} = \chi_{sn} = \chi_{spn} = 0,06$ и что можно практически пренебречь зависимостью этих величин от энергии. $I G$ - интеграл Глаубера. Он был взят равным $0,028 \text{ мбн}^{-1}$ /7/. Имея дифференциальные сечения упругого $p-d$ рассеяния, параметры амплитуды упругого $p-p$ рассеяния и формфактор дейтона, по формуле /1/ мы вычислили параметры амплитуды упругого $p-n$ рассеяния, которые приводятся ниже.

I. Параметр наклона упругого $p-n$ рассеяния

Полученные значения b_{pn} приведены на рис. 1 и в таблице, в которой они даны со статистическими ошибками. Систематическая ошибка в величине b_{pn} , в первую очередь, связана с предположением, заложенным в основу расчета формфактора дейтона, а именно тем, что параметр наклона b_{pp} совпадает с параметром наклона нейтрон-протонного рассеяния b_{np} при энергиях 10-26 Гэв. Это предположение было сделано на основе анализа экспериментальных данных по упругому $p-p$ и $p-n$ рассеянию /9-14/.

На рис. 1 видно, что параметр наклона упругого $p-n$ - рассеяния растет с энергией. Важно отметить, что расчет величины b_{pn} при использовании теоретических значений формфактора

Таблица

Параметр наклона b_{pn} и $d_{pn} = \frac{Re f_{pn}(0)}{Im f_{pn}(0)}$

Для сравнения приведены аналогичные величины для $p-p$ рассеяния, измеренные при близких значениях импульса.

Р лаб Гэв/с	b_{pn} (Гэв/с) ⁻²	b_{pp} /4/ (Гэв/с) ⁻²	d_{pn}	/3, II/ d_{pp}
	$0,002 \pm t \pm 0,05$ (Гэв/с) ²	$0,008 \pm t \pm 0,12$ (Гэв/с) ²		
11,2	$9,95 \pm 0,72$		$-0,21 \pm 0,07$	$-0,290 \pm 0,013$
15,9	$9,58 \pm 0,56$	$10,31 \pm 0,15$	$-0,38 \pm 0,06$	
20,5	$9,42 \pm 0,44$	$10,24 \pm 0,11$	$-0,35 \pm 0,06$	$-0,258 \pm 0,020$
26,5	$10,22 \pm 0,58$	$10,52 \pm 0,12$	$-0,35 \pm 0,06$	$-0,154 \pm 0,025$
34,8	$10,77 \pm 0,58$	$10,69 \pm 0,12$	$-0,25 \pm 0,06$	$-0,171 \pm 0,029$
48,9	$10,51 \pm 0,70$	$10,84 \pm 0,11$	$-0,14 \pm 0,07$	$-0,159 \pm 0,030$
57,2	$11,72 \pm 0,66$	$11,11 \pm 0,10$	$-0,20 \pm 0,06$	$-0,154 \pm 0,022$
64,8	$13,49 \pm 0,82$	$11,50 \pm 0,11$	$+0,13 \pm 0,08$	
70,2	$12,05 \pm 0,61$	$11,48 \pm 0,15$	$-0,14 \pm 0,08$	$-0,092 \pm 0,011$

Примечание: систематические ошибки составляют:

$$\Delta b_{pp} = \pm 0,3 \text{ (Гэв/с)}^{-2} /4/$$

$$\Delta b_{pn} = \pm 0,8 \text{ (Гэв/с)}^{-2} \text{ (данная работа)}$$

$$\Delta d_{pp} = \pm 0,028 /3/$$

$$\Delta d_{pn} = \pm 0,02 /II/$$

$$\Delta d_{pn} = \pm 0,13 \text{ (данная работа)}$$

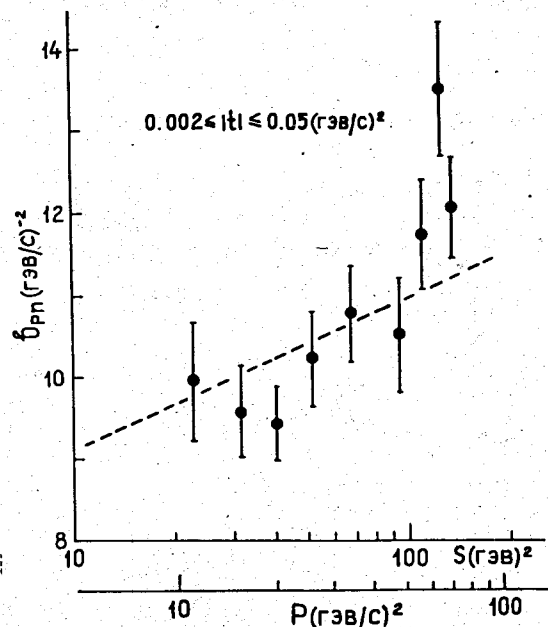


Рис. 1. Параметр наклона упругого p - n рассеяния в интервале энергий 10-70 Гэв. Для сравнения нанесена прямая, описывающая энергетическую зависимость параметра наклона упругого p - p рассеяния /4/.

дейтона дает аналогичную зависимость b_{pn} от энергии. Для сравнения на том же рисунке нанесена прямая, соответствующая найденной в /4/ зависимости параметра наклона упругого p - p рассеяния в том же энергетическом интервале. В случае p - p рассеяния $0,008 \leq |t| \leq 0,12 (\text{Гэв}/c)^2$ было найдено, что энергетическая зависимость параметра наклона аппроксимируется формулой

$$b_{pp}(S) = b_0 + 2b_1 \ln(S/S_0), \quad /2/$$

где значения параметров b_0 и b_1 равны: $b_0 = 7,32 \pm 0,25 / \text{Гэв}/c / \text{Гэв}^2$, $b_1 = 0,41 \pm 0,06 / \text{Гэв}/c / \text{Гэв}^{-2}$. В рамках моделей с полюсами Редже основной вклад в величину b_1 дает наклон траектории Померанчука. Видно, что полученные значения b_{pn} удовлетворительно ложатся на эту прямую / χ^2 / 1 точку ~ 2 /. Энергетическая зависимость параметра наклона упругого p - n рассеяния так же, как и энергетическая зависимость параметра наклона

упругого p - p рассеяния, говорит о сужении конуса с ростом энергии. В рамках теории комплексных моментов этот факт свидетельствует об отличном от нуля наклоне траектории Померанчука.

II. Величина отношения действительной части амплитуды p - n рассеяния к мнимой при $t=0$

Энергетическая зависимость вещественной части амплитуды p - n рассеяния, полученная по формуле /1/, приведена на рис. 2. Значения $\alpha_{pn} = \frac{\text{Re} f_{pn}(0)}{\text{Im} f_{pn}(0)}$ вместе с данными о параметре

наклона b_{pn} приведены также в таблице. Указаны статистические ошибки. Систематические ошибки в дифференциальном сечении упругого p - d рассеяния, являющиеся одним из основных источников систематических ошибок, подробно обсуждаются в /1/. На рис. 2 приведены также данные из работ /15, 16/ и результаты расчета на основе дисперсионных соотношений, выполненных в работах /17, 18/. Видно, что действительная часть амплитуды упругого p - n рассеяния отрицательна и па-

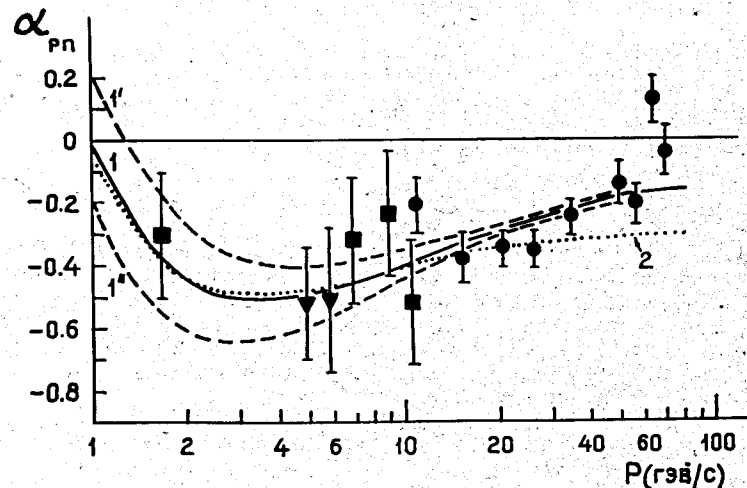


Рис. 2. Величина $\alpha_{pn} = \frac{\text{Re} f_{pn}(0)}{\text{Im} f_{pn}(0)}$ в интервале энергий 1-70 Гэв. \bullet - данная работа, систематическая ошибка $\Delta \alpha_{pn} = \pm 0,13$. \blacksquare - /15/, \blacktriangledown - /16/. Кривая 1 с коридором ошибок $\cdot 1$ и $\cdot 1'$ рассчитана в работе /17/, кривая 2 - в /18/.

дает по абсолютной величине с ростом энергии в согласии с результатами расчетов по дисперсионным соотношениям. Таким образом, данные по p - n рассеянию так же, как и данные по p - p рассеянию^{/3/}, не обнаруживают отклонений от дисперсионных кривых. Для проверки влияния величин χ_{cp} , χ_{cn} , χ_{cpn} на результат был рассчитан вариант, в котором все эти величины были приравнены нулю. Оказалось, что при этом значение b_{pn} увеличивается на $\sim 0,6-0,7$ /Гэв/с², а a_{pn} увеличивается по абсолютной величине на $\sim 0,05$.

Из таблицы видно, что в рассматриваемом энергетическом диапазоне параметры амплитуды упругого p - p рассеяния $/a_{pp}$ и b_{pp} / близки к соответствующим параметрам амплитуды упругого p - n рассеяния $/a_{pn}$ и b_{pn} / вблизи $t=0$. Эти данные позволяют заключить, что амплитуды рассеяния в изотопических состояниях $T=1$ и $T=0$ при высоких энергиях и малых t близки между собой. Аналогичные выводы были сделаны в работе /6/ на основе измерения полных сечений p - pn p - n взаимодействий.

Авторы выражают благодарность Т.Ф.Грабовской, А.П.Ларичевой и Л.Ундрах за техническое оформление работы.

Литература

- В.Д.Бартнев, Г.Г.Безногих, А.Буяк, Н.К.Жидков, В.И.Заячки, Л.С.Золин, Л.Ф.Кириллова, Б.А.Морозов, В.А.Никитин, П.В.Номоконов, Ю.К.Пилипенко, А.Сандач, В.А.Свиридов, Чыонг Бьен, М.Г.Шафранова. Препринт ОИЯИ, P1-6244, Дубна, 1971; ЯФ, 15, 1174 /1972/.
- G.G.Beznogikh, A.Bujak, L.F.Kirillova, B.A.Morozov, V.A.Nikitin, P.V.Nomokonov, A.Sandacz, M.G.Shafranov, V.A.Sviridov, Truong Bien, V.I.Zayachki, N.K.Zhidkov, L.S.Zolin. JINR, E1-6615, Dubna, 1972.
 - G.G.Beznogikh, A.Bujak, L.F.Kirillova, B.A.Morozov, V.A.Nikitin, P.V.Nomokonov, A.Sandacz, M.G.Shafranov, V.A.Sviridov, Truong Bien, V.I.Zayachki, N.K.Zhidkov, L.S.Zolin. Phys.Lett., 39B, 411 (1972).
 - G.G.Beznogikh, A.Bujak, L.F.Kirillova, B.A.Morozov, V.A.Nikitin, P.V.Nomokonov, A.Sandacz, M.G.Shafranov, V.A.Sviridov, Truong Bien, V.I.Zayachki, N.K.Zhidkov, L.S.Zolin. JINR, E1-6613, Dubna, 1972; E1-6743, Dubna, 1972.
 - V.Franco and R.Glauber. Phys.Rev., 142, 1195 (1966).
 - Ю.П.Горин, С.П.Денисов, С.В.Донсков, А.И.Петрухин, Ю.Д.Прокошкин, Д.А.Стойнова, Дж.В.Аллаби, Дж.Джакомелли. ЯФ 14, 998 /1971/.
 - Л.С.Золин, В.А.Никитин, Чыонг Бьен, М.Г.Шафранова. Препринт ОИЯИ, P1-6616, Дубна, 1972.
 - V.Franco and E.Coleman. Phys.Rev.Lett., 17, 827 (1966).
 - J.Engler, K.Horn, J.König, F.Mönnig, P.Schludecker, H.Schopper, P.Sievers, H.Ullrich and K.Runge. Phys.Lett., 29B, 321 (1969).

- B.G.Gibbard, L.W.Jones, M.J.Longo, J.R.O'Fallon, J.Cox, M.L.Perl, W.T.Toner, M.N.Kreisler, P.R.L., 24, 22 (1970).
- K.J.Foley, R.S.Jones, S.J.Lindenbaum, W.A.Love, S.Osaki, E.D.Platner, C.A.Quarles, and E.H.Willen. Phys.Rev.Lett., 19, 857 (1967); Phys.Rev.Lett., 11, 425 (1963); Phys.Rev.Lett., 15, 45 (1965).
- A.B.Wicklund, I.Ambats, D.S.Ayres, R.Diebold, A.F.Greene, S.L.Kramer, A.Lesnik, D.R.Rust, C.E.W.Ward, D.D.Yavanovitch. 16th International Conference on High Energy Physics, Batavia, Ill., 6-13 Sept. (1972) paper 355.
- R.M.Edelstein, R.A.Carrigan, Jr. N.C.Hien, T.J.McMahon, I.Nadelhaft, E.W.Anderson, E.J.Bleser, G.B.Collins, T.Fujii, J.Menes and F.Turkot. Phys.Rev., D5, 1073 (1972).
- D.Harting, P.Blackall, B.Elsner, A.C.Helmholz, W.C.Middelkoop, B.Powell, B.Zacharov, P.Zanella, P.Dalpiaz, M.N.Focacci, S.Focardi, G.Giacomelli, L.Monary, J.A.Beaney, R.A.Donald, P.Mason, L.W.Jones, D.O.Caldwell. Nuovo Cim., 38, 60 (1965).
- Н.Далхажаев, П.Девински, В.И.Заячки, З.Златанов, Л.С.Золин, Л.Ф.Кириллова, З.Корбел, П.Марков, Нго Куанг Зуи, Нгуен Дин Ты, В.А.Никитин, Л.Роб, В.А.Свиридов, Д.Тувдендорж, Л.Христов, Х.Чернев, Чыонг Бьен, М.Г.Шафранова. ЯФ, 8, вып. 2, 342 /1968/.
- В.И.Заячки, Л.Г.Христов, З.М.Златанов, П.А.Девински. Препринт ОИЯИ, P1-6044, Дубна, 1971; P1-4894, Дубна, 1970.
- A.A.Carter and D.V.Bugg. Phys.Lett., 20, 203 (1966).
- В.С.Барашенков, В.Д.Тонеев. Препринт ОИЯИ, P2-3850, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 марта 1973 года.