

ФАЗЫ $\pi\pi$ -РАССЕЯНИЯИЗ АНАЛИЗА РЕАКЦИИ $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$ ВБЛИЗИ ПОРОГА

А.А.Бельхов,¹⁾ С.А.Буятов²⁾, К.Н.Мухин,
 О.О.Патаракин, В.М.Сидоров²⁾, М.М.Сулковская,
 А.Ф.Суставов, В.А.Ярба¹⁾

Приводятся фазы s_0 - и p_1 -волнового $\pi\pi$ -рассеяния вблизи порога, полученные из анализа реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$ в интервале энергий $200 \text{ МэВ} < T_\pi < 260 \text{ МэВ}$ методом Чу – Лоу в псевдопериферическом приближении. Экспериментальные данные по фазе δ_0° подтверждают теоретические указания на наличие подпорогового нуля в амплитуде s -волнового $\pi\pi$ -рассеяния.

Основная информация о фазах $\pi\pi$ -рассеяния получена в последние годы из анализа реакций типа $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ при импульсах налетающего пиона, больших нескольких ГэВ/с [1 – 4]. Результаты многих работ неплохо согласуются друг с другом в области дипионных масс $500 \text{ МэВ} < m_{\pi\pi} < 1000 \text{ МэВ}$. Однако сведения об амплитудах $\pi\pi$ -взаимодействия при низких энергиях и длины рассеяния приходится получать экстраполяцией экспериментальных данных с помощью приближения эффективного радиуса из довольно удаленной от порога области значений $m_{\pi\pi}$.

В настоящей работе были проанализированы 495 событий реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$, полученных фотоэмульсионным методом в интервале кинетических энергий налетающего пиона $200 \text{ МэВ} < T_\pi < 260 \text{ МэВ}$ [5].

¹⁾ Институт физики высоких энергий (Серпухов).

²⁾ Объединенный институт ядерных исследований (Дубна).

Это позволило определить фазы $\pi^- \pi^+$ -рассеяния в интервале дипионных масс от порога до $m_{\pi\pi} = 320$ МэВ.

Для проведения фазового анализа использовалась методика усредненных сферических гармоник, которая была описана в работе [6]. Так как в излучаемой области существенны лишь s - и p -волны, то можно ограничиться определением двух величин $\sigma_{\pi\pi}$ и $\langle Y_2^\circ \rangle$. Сечение $\pi\pi$ -рассеяния $\sigma_{\pi\pi}$ вычислялось в псевдопериферическом приближении экстраполяцией функции $F'(t) = F(t)/t$, что автоматически обеспечивает выполнение условия $F(0) = 0$. Применение функции $F(t)$ требует квадратичной экстраполяции, что в условиях малой статистики приводит к неустойчивости результатов. Использование псевдопериферического приближения позволяет понизить степень экстраполяционного полинома [7] и ограничиться линейной экстраполяцией $F'(t) = A + Bt$, обеспечивающей устойчивость результатов. Значения $\langle Y_2^\circ \rangle$ также экстраполировались в пионный полюс по линейному закону. Для экстраполяции использовались события с квадратом переданного импульса $t \leq 6\mu^2$. Как следует из расчетов, выполненных в рамках киральной теории [8, 9], диаграмма однопионного обмена является одной из основных диаграмм для реакций $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ вблизи порога.

Для вычисления фаз использовались следующие соотношения:

$$\sigma_{\pi\pi} = \frac{4\pi}{q^2} \left\{ \left(\frac{1}{3} \sin^2 \delta_0^\circ + \frac{2}{3} \sin^2 \delta_0^\circ \right) + 3 \sin^2 \delta_1^1 \right\},$$

$$\langle Y_2^\circ \rangle = \frac{4\pi}{q^2 \sigma_{\pi\pi}} \frac{3}{\sqrt{5}\pi} \sin^2 \delta_1^1. \quad (1)$$

Из формул (1) видно, что δ_1^1 -фаза определяется непосредственно, а значения δ_0° - и δ_2° -фаз определить независимо невозможно. Так как нас интересует в первую очередь S_0 -волна, значения δ_0° -фазы при расчете фиксировались. Для этого использовалось продолжение к порогу фаз δ_0° , определенных в работе [10]. На рис. 1 показаны результаты, полученные для сечения $\sigma_{\pi\pi}$ - и δ_0° - и δ_1^1 -фаз. Изменение в широких пределах значений δ_0° -фазы, а также использование других интервалов разбиения по $m_{\pi\pi}$ и t слабо меняют результаты.

В исследуемой области дипионных масс имеются лишь данные, полученные при изучении K_{e4} -распадов. На рис. 2 точками показаны значения разности фаз $(\delta_0^\circ - \delta_1^1)$ из настоящей работы и крестиками — из работы [11]. Как видно из рисунка, результаты, полученные из разных процессов и совершенно различными способами, хорошо согласуются друг с другом.

Для определения длины рассеяния a_0° по фазам δ_0° было использовано приближение эффективного радиуса, которое должно хорошо выполняться вблизи порога:

$$q \operatorname{ctg} \delta_0^\circ = \frac{1}{a_0^\circ} + \frac{1}{2} q^2 r_0^\circ. \quad (2)$$

Здесь q — величина импульса π -мезона в СЦМ, a_0° и r_0° — длина рассеяния и эффективный радиус соответственно. На рис. 3 пунктирной пря-

мой показана аппроксимация экспериментальных данных формулой (2). Для сравнения приведены также экспериментальные точки из работы [11].

Получены следующие значения параметров:

$$a_0^\circ = 0,24 \pm 0,09 \mu^{-1},$$

$$r_0^\circ = -9,6 \pm 19,1 \mu^{-1}.$$

С этим результатом качественно согласуются расчеты Басдевана и др. [12] для разных значений a_0° (результаты расчетов показаны сплошными линиями на рис. 2).

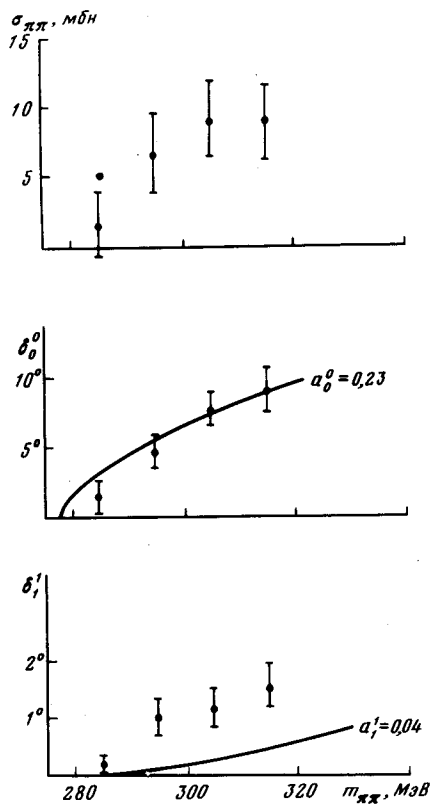


Рис. 1. Экспериментальные величины $\sigma_{\pi\pi}$ - δ_0^0 -и δ_1^1 -фаз. Сплошные кривые – расчет по теории с нарушенной киральной симметрией

Значение a_0° существенно меньше величины $a_0^\circ \sim 0,4 - 0,5 \mu^{-1}$, которую получали, используя формулу эффективного радиуса при экстраполяции к порогу фаз δ_0^0 из области $m_{\pi\pi} \gtrsim 500$ МэВ [13 – 15]. На то, что приближение эффективного радиуса в этой области может приводить к завышенным значениям длины рассеяния a_0° , указывалось в работах [20, 21]. Мы полагаем, что полученный нами результат можно считать прямым экспериментальным указанием на существование подпорогового нуля в S_0 -амплитуде $\pi\pi$ -рассеяния [16, 17]. Аналогичный вывод был сделан в работе [18] на основе совместного анализа данных из K_{e4} -распадов [11] и реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$ при $p_\pi = 17$ ГэВ/с [2].

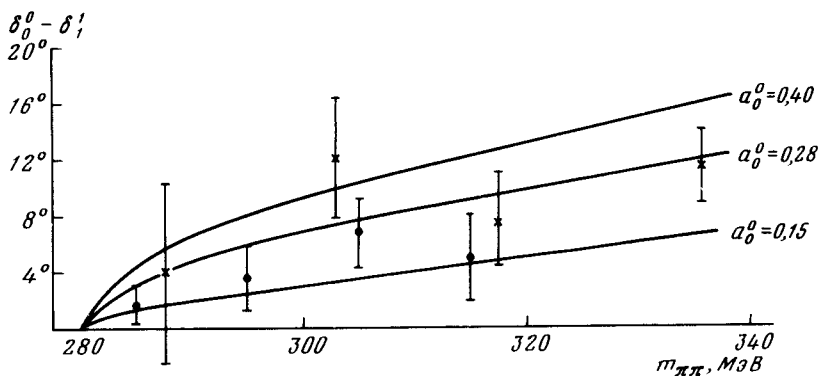


Рис.2. Значения $(\delta_0^0 - \delta_1^1)$ из настоящей работы (точки с ошибками) и из работы [11] (крестики). Сплошные линии -- результаты расчетов из [12]

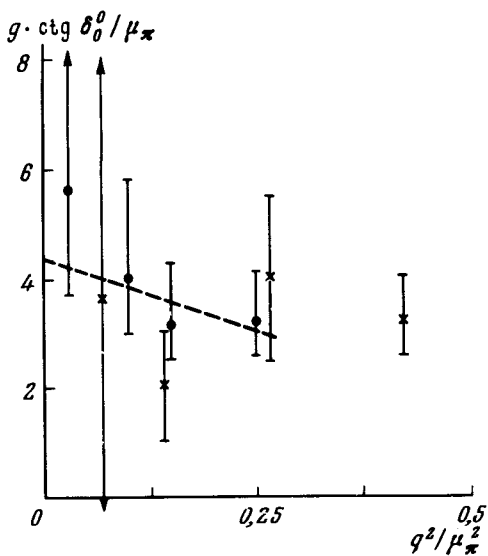


Рис.3. Экспериментальные значения $q \operatorname{ctg} \delta_0^0$ из настоящей работы (\bullet) и из работы [11] (\times). Пунктир -- аппроксимация формулой эффективного радиуса

Полученные в настоящей работе результаты для фазы δ_0^0 хорошо согласуются с предсказаниями теории, основанной на нарушенной киральной симметрии. Соответствующие расчеты [19] показаны на рис.1 сплошной линией.

Институт физики высоких энергий
Объединенный
институт ядерных исследований

Поступила в редакцию
12 апреля 1979 г.

Литература

- [1] В.Ньюамс et al. Nucl. Phys., B100, 205, 1975.
- [2] Р.Естабрукс, А.Д.Мартин. Nucl. Phys., B95,322, 1975.
- [3] А.А.Картамышев, К.Н.Мухин, О.О.Патаракин, М.М.Сулковская, А.Ф.Сустапов. Письма в ЖЭТФ, 23, 478, 1976.

- [4] W.Hoogland et al. Nucl. Phys., B126,109, 1977.
- [5] Ю.А. Батусов и др. ЯФ, 1, 526, 1965.
- [6] А. А.Картамышев, В. К.Макарьин, К.Н.Мухин, О.О.Патаракин, М. М.Сулковская. Письма в ЖЭТФ, 26, 422, 1977.
- [7] J.P.Baton, G.Laurens, J.Reignier. Phys. Lett., B33, 525, 1970.
- [8] M.Olsson, L.Turner. Phys. Rev. Lett., 20, 1127, 1967.
- [9] V.V.Vereshchagin, S.G.Sherman. Preprint LNPI, No257, Leningrad, 1976
- [10] Е.А.Алексеева, А.А.Картамышев, В. К.Макарьин, К.Н.Мухин, О.О.Патаракин, М.М.Сулковская, А.Ф.Суставов, Л.В. Суркова, Л.А.Чернышева. Письма в ЖЭТФ, 29, 109, 1979.
- [11] L.Rosselet et al. Phys. Rev., D15, 574, 1977.
- [12] J.L.Basdevant, C.D.Froggat, J.L.Petersen. Nucl. Phys., B72, 413, 1974.
- [13] S.Protopopescu et al. Phys. Rev., D7, 1279, 1973.
- [14] W.Manner. Experimental Meson Spectroscopy-1974. Proc. of the Boston Conf., edited by Garelik D.A. (A.I.P.,New York, 1974).
- [15] А.А.Картамышев, В.К. Макарьин, К.Н. Мухин, О.О.Патаракин, М.М.Сулковская, А.Ф.Суставов. Письма в ЖЭТФ, 25, 68, 1977.
- [16] В.В.Серебряков, Д.В.Ширков. ЯФ, 170, 1968.
- [17] S.Weinberg. Phys. Rev., Lett., 17, 616, 1966.
- [18] А.А.Бельков, С.А.Бунятов. ОИЯИ Р2-1181, 1978.
- [19] А.А.Бельков, С.А. Бунятов, В.Н.Первушин. ОИЯИ Р2-12023, 1979.
- [20] В. Р.Гарсеванишвили, Д.В.Ширков. ОИЯИ Р2-6867, 1972.
- [21] J.Franklin. Phys. Rev., D11, 513, 1975.
-