

ПОЛУЧЕНИЕ ДЛИН $\pi\pi$ -РАССЕЯНИЯ В ПРИБЛИЖЕНИИ ЭФФЕКТИВНОГО РАДИУСА

А.А.Картамышев, В.К.Макарьин, К.Н.Мухин,
О.О.Патаракин, М.М.Сулковская, А.Ф.Суставов

Приводятся результаты расчета S - и P -волновых длин рассеяния в приближении эффективного радиуса на основе фазового анализа $\pi^- \pi^+$ -взаимодействия в интервале $360 < m_{\pi\pi} < 960$ Мэв

В последние годы наблюдается повышение интереса к изучению констант $\pi\pi$ -взаимодействия, в том числе, к определению длин рассеяния. Это связано как с большой неоднозначностью имеющихся экспериментальных данных, так и важностью знания пион-пионных длин рассеяния для выбора истинного эффективного лагранжиана пион-пионного взаимодействия.

Существуют различные способы определения длин рассеяния из экспериментальных данных: из данных по K -распадам; из сечения реакций $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ вблизи порога; с помощью уравнений Роя из фазовых кривых и др. Все эти методы имеют свои достоинства и недостатки. Мы использовали для получения длин $\pi\pi$ -рассеяния "чисто-экспериментальный" метод – определение предельного значения амплитуды $\pi\pi$ -рассеяния на пороге из фазовых кривых в приближении эффективного радиуса.

Из материалов реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n$ при $p_{\pi^-} = 4,5$ Гэв/с были определены S - и P -волновые фазы $\pi^- \pi^+$ -рассеяния в области $360 < m_{\pi\pi} < 960$ Мэв. Для нахождения фаз использовались экстраполированные в пионный полюс сечения и угловые распределения, применялся как энергетически-зависимый, так и энергетически-независимый методы. Методика получения фаз энергетически-независимым методом подробнее изложена в [1].

Фаза δ_1^1 , как и следовало ожидать, хорошо описывается брейт-винеровской кривой, значения фазы δ_0^0 приведены на рис. 1. Точки – результаты энергетически-независимого анализа, пунктирная кривая – энергетически-зависимого. Для сравнения приведена область возможных значений δ_0^0 из работы [2].

Для расчетов длины рассеяния использовалось приближение эффективного радиуса:

$$k^{2l+1} \operatorname{ctg} \delta_l^T = \frac{1}{a} + \frac{1}{2} k^2 r_l^T \quad (1)$$

Здесь k – импульс π -мезона в системе покоя дипиона, l и T – спиновый и изотопический индекс соответственно.

Для длины a_1^1 из данных энергетически-независимого анализа было получено значение $a_1^1 = (0,029 \pm 0,006) \mu^{-3}$. Эта величина достаточно хорошо согласуется с известными экспериментальными и теоретическими значениями, которые заключены соответственно в пределах:

$$0,027 < (a_1^1)_{\text{ЭКСП}} < 0,050 \mu^{-3},$$

$$0,028 < (a_1^1)_{\text{теор}} < 0,035 \mu^{-3}.$$

По значениям фазы δ_0° в области единственного решения (до 800 Мэв) были получены следующие значения величин:

$$a_0^\circ = (0,39 \pm 0,07) \mu^{-1}; \quad r_0^\circ = (-0,94 \pm 0,13) f. \quad (2)$$

(Эффективный радиус также считался свободным параметром).

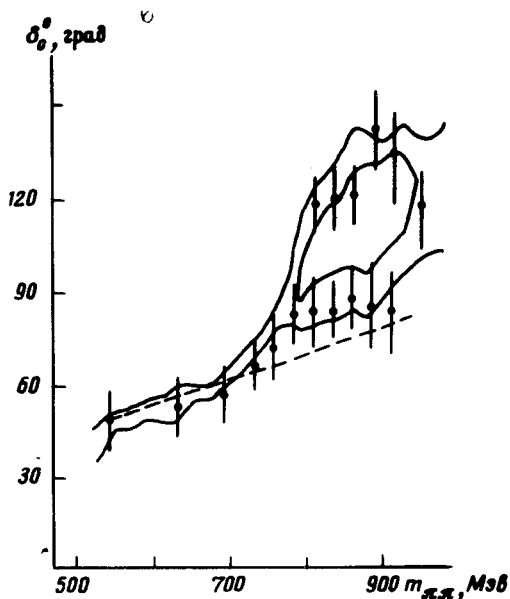


Рис. 1

На уровне достоверности в 50% область возможных значений a_0° есть:

$$0,29 < a_0^\circ < 0,62 \mu^{-1}. \quad (3)$$

Таким образом, результат сравнительно легко сдвигается в сторону больших значений, но с трудом может уменьшаться. Аппроксимация фазовой кривой показана на рис. 2. Сплошная кривая – результат расчета по формуле (1), пунктирные кривые – результаты из работы [3] для 1) $a_0^\circ = -0,05 \mu^{-1}$; 2) $a_0^\circ = 0,16 \mu^{-1}$; 3) $a_0^\circ = 0,6 \mu^{-1}$. Видимо, наилучшее согласие с нашими точками дала бы кривая для $a_0^\circ \sim 0,4 \mu^{-1}$.

Для проверки правомерности использования формулы (1) в сравнительно далекой от порога области были сделаны расчеты по первым точкам фазовой кривой. Результаты совпадают между собой и со средним результатом (2). Замкнутость методики была дополнительно проверена вычислением длин рассеяния из экстраполированных в полюс $\pi^- \pi^+$ сечений. Сечение представлялось суммой парциальных сечений, а фазы параметризовались следующим образом:

$$\delta_0^\circ = \text{arc ctg} \left(\frac{1}{ka_0^\circ} + \frac{1}{2} kr_0^\circ \right),$$

$$\delta_1^1 = \text{arc tg} \left\{ \frac{m_\rho \Gamma_\rho}{m_\rho^2 - m_{\pi\pi}^2} \left(\frac{k}{k_\rho} \right)^3 \right\}. \quad (4)$$

Учитывая малость и слабое влияние δ_0^2 на другие фазы, значения δ_0^2 брались из других работ [4]. Для α_0^0 получено значение, согласующееся с приведенным выше.

Таким образом, по найденным фазам в приближении эффективного радиуса мы получаем устойчивую величину $\alpha_0^0 \sim 0,4 \mu^{-1}$. На рис. 3 приведено сравнение нашего результата с данными других работ [5]. (Очередность ссылок соответствует порядку следования результатов на рисунке слева направо).

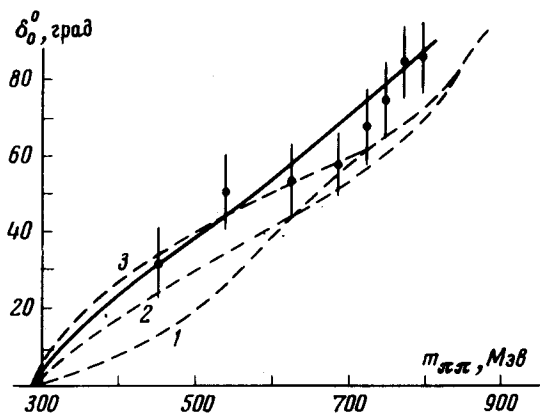


Рис. 2

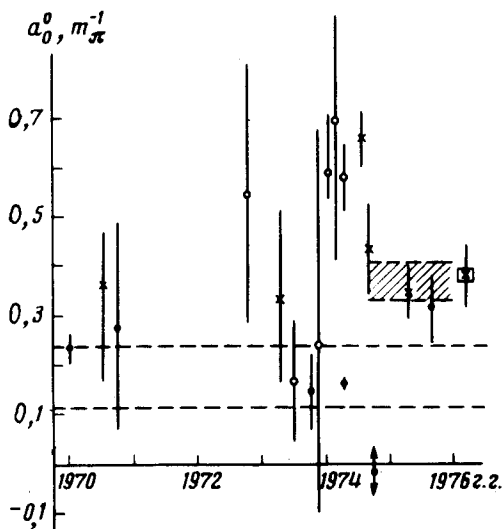


Рис. 3

Кружки — из работ по K -распадам, точки — из реакций $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ вблизи порога, крестики — из $\pi\pi$ -фаз в приближении эффективного радиуса. Крестик в квадратике — результат данной работы. Видно, что хотя в последние годы экспериментальные ошибки уменьшились, картина остается неясной. Экспериментальные результаты, полученные разными методами (и даже в пределах одного метода) сильно различаются

между собой. Имеются разногласия и в теоретических предсказаниях. Так, теоретические модели типа Вайнберга предсказывают значение α_0° заключенные в пределах $0,12 < \alpha_0^\circ < 0,25 \mu^{-1}$ [6] (область между пунктирными линиями на рисунке), а в работе [7] выполненной по модели Венециано, получена величина $\alpha_0^\circ \sim 0,4 \mu^{-1}$ (заштрихованная область).

Мы полагаем, что положение с $(\alpha_0^\circ)_{\text{эксп}}$ можно улучшить с помощью изучения $\pi^0 \pi^0$ -состояния. Известно, что как метод эффективного радиуса, так и дисперсионный подход с помощью уравнений Роя опираются на поведение δ_0° -фазы. Выделение же ее из $\pi^- \pi^+ \rightarrow \pi^- \pi^+$ канала сопряжено с трудностями из-за доминирующего вклада P -волны.

Для изучения $\pi^0 \pi^0$ -состояния можно использовать реакцию $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$. Исследование этого состояния поможет определить поведение δ_0° -фазы в области $\sim 800 \text{ Мэв}$, решить проблему "up-down" выше 1 Гэв , а эти данные, в свою очередь, позволят точнее определить значение $(\alpha_0^\circ)_{\text{эксп}}$. В настоящее время нами планируется исследование реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$ при помощи ксеноновой пузырьковой камеры с импульсным магнитным полем 70 кГс и водородной мишенью.

В заключение авторы выражают искреннюю признательность И.И.Гуревичу за полезные обсуждения и постоянный интерес к работе.

Институт атомной энергии
им. И.В.Курчатова

Поступила в редакцию
30 ноября 1976 г.

Литература

- [1] А.А.Картамышев, К.Н.Мухин, О.О.Патаракин, М.М.Сулковская, А.Ф.Суставов. Письма в ЖЭТФ, 23, 478, 1976.
- [2] P. Estabrooks, A.D.Martin. Nucl. Phys., B95, 322, 1975.
- [3] J.Basdevant, C.Froggatt, J.Petersen. Phys. Lett., 41B, 133, 1972.
- [4] W.Hoogland, G.Grayer et al. Nucl. Phys., B69, 266, 1974; M.J.Losty, V.Chaloupka et al. Nucl. Phys., B69, 185, 1974; J.P.Prukop, O.R.Sander et al. Phys. Rev., D10, 2055, 1974.
- [5] M.Olsson, L.Turner. Phys. Rev., 181, 2141, 1969; J.Scharenguivel, L.Gutay et al. Nucl. Phys., B22, 16, 1970; J.Maung, G.E.Masck et al. Phys. Lett., 33B, 521, 1970; A.Zylberstein, P.Basile et al. Phys. Lett., 38B, 457, 1972; S.Protopopescu, M.Alston-Garnjost et al. Phys. Rev., D7, 1279, 1973; E.W.Beier, D.A.Buchholz et al. Phys. Rev. Lett., 30, 399, 1973; K.J.Braun, D.B.Cline. Phys. Rev., D8, 3794, 1973; E.P.Tryon (Schweinberger), Phys. Rev., D10, 1595, 1974; P.Pascual, F.J.Yndurain. Nucl. Phys., B83, 362, 1974; E.P.Tryon (Fly). Phys. Rev., D10, 1595, 1974; С.А.Бунятов, Г.П.Гулканян и др. ОИЯИ Р1-840, 1974; G.Villet, M.David et al. AIP Conf. Proc., №13, 307, 1973; W.Manner. AIP Conf. Proc., №21, 22, 1974; J.Jones, W.Allison, D.Saxon. Nucl. Phys., B83, 93, 1974; V.Srinivasan, J.Helland et al. Phys. Rev., D12, 681, 1975; С.А.Бунятов, В.С.Курбатов и др. ЯФ, 22, 871, 1975.

- [6] S.Weinberg. Phys. Rev. Lett., 17, 616, 1966; 18, 188, 1967; D.Morgan.
G.Shaw. Nucl. Phys., 43B, 365, 1972; J.Ииоролous. Nuovo Cim., 52A,
192, 1967; 53A, 552, 1968; М. Волков, В.Первушин. ЯФ, 20, 762, 1974;
F.T.Meiere, M.Sugawara. Phys. Rev., 153, 1702, 1967.
- [7] L.Daly. Lett., al Nuovo Cim., 14, 216, 1975.
-