

С346

Ц-34

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория теоретической физики

В. Целлер

791

МЕЗОН-МЕЗОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
ПРИ МАЛЫХ ЭНЕРГИЯХ

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата физико-
математических наук

Научный руководитель
доктор физико-математических наук
профессор

А.А. Логунов

Дубна 1981

С 346
Ц-34

В. Целлер

791

6874-

МЕЗОН-МЕЗОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
ПРИ МАЛЫХ ЭНЕРГИЯХ

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата физико-
математических наук

Научный руководитель
доктор физико-математических наук
профессор

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

А.А. Логунов

В течение последних лет наметился новый подход к изучению элементарных процессов сильно взаимодействующих частиц. С помощью представления Мандельштама^{/1/} и приближения, учитывающего в промежуточных состояниях только две частицы, были получены уравнения для определения амплитуд процессов с участием π - и K -мезонов, нуклонов и γ -квантов. При этом оказалось, что уравнения для амплитуд этих процессов в явном или в неявном виде зависят от амплитуды упругого $\pi\pi$ -рассеяния. С другой стороны, в рамках обычных приближений уравнения для определения $\pi\pi$ -рассеяния представляют замкнутую систему, не зависящую от амплитуд других процессов. Вследствие этого изучение $\pi\pi$ -взаимодействия имеет большое значение и является отправным пунктом для исследования других процессов сильно взаимодействующих частиц.

Цель настоящей диссертации состоит в исследовании ряда процессов, которые позволяют сделать определенные заключения по проблеме $\pi\pi$ -взаимодействия. Были рассмотрены процесс упругого $\pi\pi$ -рассеяния, распад ρ -частицы на три π -мезона и рождение π -мезона при столкновении π -мезона с нуклоном.

Первая глава диссертации посвящена изложению основных теоретических результатов, полученных в течение последних лет в области сильных взаимодействий.

Во второй главе диссертации рассматривается процесс упругого $\pi\pi$ -рассеяния. Дается критический анализ системы уравнений, полученных Чу и Мандельштамом^{/2/} для определения парциальных волн этого процесса^{/3/}. Оказывается, что эта система может быть записана в следующей форме^{/4/}:

$$P_{\ell}^T(\nu) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} d\nu' \frac{\text{Im } P_{\ell}^T(\nu')}{\nu' - \nu} + \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} d\nu' \sum_{\ell', T'} a_{\ell', T'}^T (2\ell' + 1) \beta_{\ell'}^{\ell'}(\nu', \nu) P_{\ell'}^T(\nu'),$$

где

$$\beta_{\ell}^{\ell'}(\nu', \nu) = \int_{-\infty}^{-\nu'-1} d\nu'' \frac{1}{\nu''(\nu'' - \nu)} P_{\ell}(1 + 2 \frac{\nu'+1}{\nu''}) P_{\ell'}(1 + 2 \frac{\nu''+1}{\nu'}).$$

T обозначает изотопический спин, a_T^T - некоторую матрицу, P_ℓ - полином Лежандра ℓ -его порядка.

Выражение для $\beta_\ell(\nu, \nu)$ расходится для $\ell \geq 1$. С помощью одного вычитания можно ликвидировать расходимость коэффициента P -волны и ввести в теорию постоянную, которую можно интерпретировать как константу $\pi\pi$ -взаимодействия. Однако остающиеся расходимости не могут быть ликвидированы конечным числом вычитаний. Эта трудность является результатом неоправданного аналитического продолжения с помощью разложения по полиномам Лежандра, которое становится несправедливым у границ спектральных функций.

Указанные трудности не возникают в системе уравнений для парциальных волн $\pi\pi$ -рассеяния, полученных в работе /4/. В отличие от метода Чу-Мандельштама были использованы дисперсионные соотношения для рассеяния вперед (или назад, что безразлично вследствие симметрии $\pi\pi$ -рассеяния). Разложение по парциальным волнам амплитуд $A^T(\nu, z)$ аппроксимируется в этом случае следующим образом:

$$A^{0(2)}(\nu, z) = \Pi_0^{0(2)}(\nu) + 5P_2(z) \Pi_2^{0(2)}(\nu),$$

$$A^I(\nu, z) = 3P_1(z) \Pi_1^I(\nu) + 7P_3(z) \Pi_3^I(\nu).$$

Амплитуды парциальных волн $\Pi_0^0, \Pi_0^2, \Pi_2^0, \Pi_2^2, \Pi_1^I$ и Π_3^I были определены с помощью этих соотношений через значение амплитуд и их производных для $z = 1$. Для определенных таким образом амплитуд Π_0^0, Π_0^2 и Π_1^I получена система интегральных уравнений, в которой можно избежать трудности, связанные с аналитическим продолжением полиномов Лежандра и необходимостью обрезания. Для амплитуд Π_2^0, Π_2^2 и Π_3^I получены соотношения, позволяющие оценить порядок их величины в зависимости от амплитуд Π_0^0, Π_0^2 и Π_1^I .

В настоящее время в Вычислительном центре ОИЯИ ведутся численные расчеты полученной системы уравнений. Исследование асимптотического поведения уравнений, проведенное различными авторами /5,6/, указывает на существование решений, в то время как в случае уравнений Чу и Мандельштама подобный результат не имеет места /8/.

Для исследования γ -распада предлагается использовать представление Мандельштама. Следует, однако, отметить, что для процессов распада такое представление будет, вообще говоря, справедливым только в определенном приближении. В работе /7/ было показано, что мнимая часть спектральных функций возникает из-за процессов с тремя частицами. В двухчастичном же приближении спектральные функции вещественны. Следствия такого подхода к проблеме γ -распада /8/ рассматриваются в третьей главе диссертации.

Найдена система уравнений, с помощью которой может быть определена амплитуда γ -распада. Полученная система зависит от амплитуд π - и P -волн $\pi\pi$ -рассеяния. Оказывается, что влияние P -волн на γ -распад мало.

В предположении, что P -волнами можно пренебречь, эти уравнения были использованы для расчетов в приближении "effective range". Основываясь на слабой зависимости γ -распада от энергии, можно ожидать, что указанное приближение приведет к удовлетворительным результатам. Кури и Трайман /9/ таким образом получили оценку для разности длин $\pi\pi$ -рассеяния в приближении, когда матричные элементы процессов $\gamma + \pi + \pi + \pi$ постоянны, а мнимая часть амплитуды γ -распада равна нулю. Найденная нами система уравнений позволяет выйти за рамки использованных в работе /9/ приближений. Были определены такие значения длин рассеяния, которые воспроизводят экспериментальные данные γ -распада /10,11/ с достаточно хорошей степенью точности. Хорошее согласие с экспериментом получается в случае $a_2 \approx 0,2$, $a_0 \approx -0,3$, где a_2 и a_0 - длины рассеяния для изотопического спина 2 и 0, соответственно.

Длины $\pi\pi$ -рассеяния, полученные таким образом из γ -распада, приводят к некоторым следствиям для относительной величины парциальных волн $\pi\pi$ -взаимодействия. Во второй главе из интегральных уравнений для $\pi\pi$ -рассеяния мы получили соотношение, которое выражает величину $|2a_0 - 5a_2|$ через интеграл от амплитуд Π_0^0, Π_0^2 и Π_1^I :

$$2a_0 - 5a_2 = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \frac{d\nu}{\nu(\nu+1)} \{ 2 \operatorname{Im} \Pi_0^0(\nu) + 9 \operatorname{Im} \Pi_1^I(\nu) - 5 \operatorname{Im} \Pi_0^2(\nu) \}.$$

Для всех пар a_2 и a_0 , воспроизводящих экспериментальный спектр γ -распада, эта комбинация $\{2a_0 - 5a_2\}$ отрицательна. Такой результат не противоречит возможности резонанса в P -волне, но во всяком случае, свидетельствует в пользу существования $(T=2)$ -резонанса в $\pi\pi$ -взаимодействии.

В четвертой главе диссертации рассматривается процесс рождения π -мезона при πN -столкновении. В первом разделе этой главы анализируется структура амплитуды этого процесса^{/12/}. Изучаются свойства кроссинг-симметрии инвариантных амплитуд, а также их связь с коэффициентами трехмерной спиновой структуры процесса.

Из условия причинности для статических теорий могут быть получены дисперсионные соотношения, которые после перехода к двухчастичному приближению приводят к системе интегральных уравнений, обладающих свойствами кроссинг-симметрии^{/13,14/}. В эту систему входят амплитуды πN -рассеяния. Был вычислен однонуклонный вклад в сечение рождения π -мезона. Сравнение с экспериментальными данными показывает, что в рамках теории фиксированного нуклона учет только полюсного вклада недостаточен для описания процесса рождения π -мезона. В конце главы приводятся соображения относительно возможности учета $\pi\pi$ -взаимодействия при рождении π -мезона.

Основные результаты, включенные в диссертацию, опубликованы в работах /4,8,12,13,14/.

Л и т е р а т у р а

1. S. Mandelstam. Phys.Rev., 112, 344 (1953).
2. G. Chew, S. Mandelstam. Phys.Rev., 119, 467 (1960).
3. A. Efremov, V. Meshcheryakov, D. Shirkov, Ч. Tzu. Nucl. Phys., 22, 202 (1961).
4. Д. Сянь, Ц.Хэ, В. Целлнер. ЖЭТФ, 39, 1668 (1960).
5. А. Ефремов, Д. Ширков, Х. Чжу. Препринт ОИЯИ, Д-697. ЖЭТФ/в печати/
6. G. Lovelace. London- Preprint (1961).
7. S. Fubini, R. Stroppolini. Nuovo Cim. VXIII, 263 (1960).
8. Ю. Вольф, В. Целлнер. ЖЭТФ 41, 835 /1961/.
9. N. Khuri, S. Treiman. Phys.Rev., 119, 1115 (1960).
10. M. Gell-Mann, A. Rosenfeld. Ann.Rev. of Nucl. Science, Vol. 7.
11. S. McKenna, et al. Nuovo Cim. 10, 763 (1953).
12. В. Целлнер. ДАН СССР, 123, 838, /1958/.
13. W. Zillner, O. Christalow, W. Serebrjakow, A. Lesnow, Z.f. Naturforschung 13a, 499 (1958).
14. В. Целлнер. ЖЭТФ, 36, 1103 (1959).

Рукопись поступила в издательский отдел
5 августа 1961 г.