ПРАВИЛО СУММ ДЛЯ КОНСТАНТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ π°, η И X°-МЕЗОНОВ

В.Я.Файнберг, Л.В.Фильков

В работах [1] в рамках аксиматического подхода был введен принцип минимальной сингулярности взаимодействия. Последовательное применение этого принципа к амплитудам рассеяния позволяет установить необходимое число вычитаний в дисперсионных интегралах для инвариантных амплитуд.

Можно показать, в частности, что из шести инвариантных амплитуд $T_i(s, t)$ $(i = 1, 2, ..., 6)$, на которые разлагается полная амплитуда γN рассеяния [2, 3], без вычитательным дисперсионным соотношениям в s -канале удовлетворяют амплитуды T_2, T_4 и T_6, а амплитуда T_5 асимптотически ($s \to \infty$) стремится к постоянному пределу.

Дисперсионные соотношения для T_6 в точке $s = m^2$, $t = 0$ дают хорошо известное правило сумм для квадратов аномальных магнитных моментов нуклона [~~5, 6~~]. На возможность существования этого правила впервые указано в работе Лапидуса и Чжоу Гуан-чжао [7].

В настоящей заметке мы получим правило сумм для амплитуды T_5 и попытаемся связать его с константами π°, η и X°-мезонов. Поскольку $T_5(s, t)$ асимптотически выходит на константу и, принимая во внимание низкоэнергетический предел (теорема Лоу [8]), имеем

$$T_5(m^2, o) = \frac{e^2}{2m}\left(2\mu_p' \frac{1+\tau_3}{2} + \lambda^2\right) = \Lambda_5 + \frac{2}{\pi}\int\limits_{m^2}^{\infty} \frac{\operatorname{Im} T_5(x, o)}{x - m^2}\, dx, \quad (1)$$

где $\lambda = \mu_p' [(1 + \tau_3)/2] + \mu_n[(1 - \tau_3)/2]$; μ_p' и μ_n – аномальные магнитные моменты протона и нейтрона; m – масса нуклона; $e^2/4\pi = 1/137$; Λ_5 – предельное значение, амплитуды на бесконечности (в s-канале).

Отметим, что при $t = 0$ $T_5(s, o) = 1/2[T_1(s, o) + T_3(s, o)]$. Откуда следует, что для рассеяния вперед д.с. для $T_1 + T_3$ имеют вид аналогичный (1).

Константу Λ_5 можно выразить через дисперсионный интеграл от независящего от s вклада $A_{III}^{(5)}(t)$ в абсорбтивную часть амплитуды T_5 в t-канале

$$\Lambda_5 = \frac{1}{\pi}\int\limits_{o}^{\infty} \frac{A_{III}^{(5)}(t')}{t'}\, dt'. \quad (2)$$

Этот результат можно строго обосновать, только сделав дополнительное предположение, что амплитуда $T_5(s, t)$ удовлетворяет однократным дисперсионным соотношением в t-канале и стремится к нулю, когда $|s|$ и $|t| \to \infty$ в пределах физической области.

Если предположить, что π^o, η и X^o-мезоны являются "элементарными" частицами, то

$$\Lambda_5 \cong \frac{a_{\pi^o}}{\mu^2_{\pi^o}} + \frac{a_\eta}{\mu^2_\eta} + \frac{a_{X^o}}{\mu^2_{X^o}}, \quad (3)$$

где a_{π^o}, a_η и a_{X^o} – вычеты в π^o, η и X^o – мезонных полюсах, равные

$$a_{\pi^o} = \pm 8\pi\mu_{\pi^o}[\Gamma_{\pi^o \to 2\gamma}/\mu_{\pi^o} \; g^2_{\pi NN}/4\pi]^{1/2},$$

$$a_\eta = \pm 8\pi\mu_\eta[\Gamma_{\eta \to 2\gamma}/\mu_\eta \; g^2_{\eta NN}/4\pi]^{1/2},$$

$$a_{X^o} = \pm 8\pi\mu_{X^o}[\Gamma_{X^o \to 2\gamma}/\mu_{X^o} \; g^2_{X^o NN}/4\pi]^{1/2}.$$

Для сравнения с опытом рассмотрим комптоновское рассеяние на протоне и учтем вклад в $\operatorname{Im}T_5(x,o)$ только от фоторождения одиночных π-мезонов. В амплитуде фоторождения будем удерживать S-волну, парциальные волны, соответствующие первому, второму и третьему резонансам, а также член запаздывания. Вычисление интеграла в (1) приводит к выражению

$$\frac{0{,}187}{m} \cong \frac{a_{\pi^o}}{\mu^2_{\pi^o}} + \frac{a_n}{\mu^2_\eta} + \frac{a_{X^o}}{\mu^2_{X^o}}. \quad (4)$$

Обсудим ряд возможностей.

I. Примем время жизни π^0–мезона равным $\tau_{\pi^0} = 10^{-16}$ *сек*. Тогда, согласно теории симметрии, время жизни η–мезона будет порядка 10^{-18} *сек*. Кроме того, теория симметрии дает противоположные знаки [9] для матричных элементов распадов $\pi^0 \to 2\gamma$ и $\eta \to 2\gamma$, а следовательно и для вычетов a_{π^0} и a_η. Константу взаимодействия $g_{\eta NN}$ будем считать равной $g_{\pi NN}$. Так как η и X^0–мезоны отличаются друг от друга только по массе, то естественно предположить, что a_η и a_{X^0} имеют одинаковый знак. Тогда легко показать, что a_{π^0} в (4) должно быть отрицательным (что согласуется с результатами работ [10]). Учитывая все сказанное, получим

$$\frac{g^2_{X^0 NN}}{4\pi} \Gamma_{X^0 \to 2\gamma} \cong 7{,}5 \cdot 10^{-2}\ \textit{Мэв}. \qquad (5)$$

II. Предположим теперь, что X^0-мезон является реджионом. Тогда в уравнение (4) будут давать вклады только π^0 и η-мезоны. Полагая $\tau_{\pi^0} = 10^{-16}$ *сек*, получаем, что $a_\eta > 0$ при любом знаке вычета a_{π^0}. Если $a_{\pi^0} < 0$, то $\tau_\eta = 1{,}24 \cdot 10^{-19}$ *сек* (при этом, как и раньше предполагается, что $g_{\eta NN} = g_{\pi NN}$).

III. Если считать, что "элементарной" частицей является только π^0-мезон, то уравнение (4) приобретает вид

$$\frac{a_{\pi^0}}{\mu^2_{\pi^0}} \cong \frac{0{,}187}{m}. \qquad (6)$$

Т.е. получается, что $a_{\pi^0} > 0$. Выражение (6) соответствует $\tau_{\pi^0} = 0{,}63 \cdot 10^{-16}$ *сек*, в то время как согласно данным последней экспериментальной работы [11] $\tau^{\text{экс}}_{\pi^0} = (0{,}73 \pm 0{,}105) \cdot 10^{-16}$ *сек*.

Поскольку, во-первых, результаты работ [10] благоприятствуют выбору $a_{\pi^0} < 0$ и, во-вторых, в варианте II время жизни τ_η на порядок меньше ожидаемого из теории симметрии, по-видимому, следует считать, что π^0, η и X^0 являются "элементарными" частицами, а не реджионами.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
10 октября 1966 г.

Литература

[1] В.Я.Файнберг. Лекции в Международной школе в г.Дубне, 1, 1964; ЖЭТФ, 47, 2285, 1965.

[2] R.E.Prange. Phys.Rev., 110, 240, 1958.

[3] L.V.Filkov, N.F.Nelipa. Nucl. Phys., 59, 225, 1964; Л.В.Фильков.Канд. диссертация, ФИАН, 1965.

[4] С.Б.Герасимов. ЯФ, 2, 598, 1965.
[5] S.D.Drell, A.C.Hearn. Phys. Rev. Lett., 16, 908, 1966.
[6] Л.И.Лапидус, Чжоу Гуан-чжао. ЖЭТФ, 41, 1546, 1961.
[7] F.E.Low. Phys. Rev., 96, 1428, 1954.
[8] S.Ocubo. Progr. Theor. Phys., 27, 949, 1962.
[9] M.L.Goldberger, S.B.Treiman. Nuovo Cim., 9, 451, 1958; Л.И.Лапидус, Чжоу Гуан-чжао. ЖЭТФ, 41, 294, 1961; П.С.Баранов, В.А.Кузнецова, Л.И.Словохотов, Г.А.Сокол, Л.В.Фильков, Л.Н.Штарков. ЯФ, 1967 (в печати).
[10] G.Bellettini, C.Bemporad, P.L.Braccini, L.Foa. Nuovo Cim., 40A, 1139, 1965.