

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



26/2-75

P2 - 8647

E-924

1917/2-75

А.В.Ефремов

О МЕХАНИЗМЕ ПОДАВЛЕНИЯ

РАСПАДА ψ -МЕЗОНА

1975

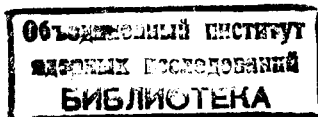
P2 - 8647

А.В.Ефремов

О МЕХАНИЗМЕ ПОДАВЛЕНИЯ
РАСПАДА ψ -МЕЗОНА

*Направлено в **Physics Letters***

и на Международную конференцию по физике высоких энергий, Палермо, 1975.



S U M M A R Y

From the renormalization group consideration it follows that the relative suppression of ψ - to ϕ -decay widths is due to the decrease of the quark effective coupling constant with increasing resonance mass (see exp. (2)) when assuming the quantum numbers of ψ and ϕ are identical and the limit $\Gamma_{\phi(\psi) \rightarrow 3\pi}$ exists as $m_\pi \rightarrow 0$.

The decrease of \bar{g}^2 due to the "asymptotical freedom", (3a), with $g^2 = 0.55$ proposed in ref. 2), seems to contradict the wide-angle pp-scattering data, fig. 3, because the simplest quark diagrams of the type of fig. 2 result in exp. (4) with the suppressing factor $(\bar{g}(s, g))^{10}$ additional to the quark counting power $s^{-10/6}$.

To avoid this contradiction we have proposed a finite charge renormalization scheme, (3b), with a small g_0^2 ("short distance scale invariance" of ref. 3/).

Эксперименты все уверенней свидетельствуют в пользу того, что недавно открытые ψ_1 и ψ_2 -мезоны являются адронными резонансами. В свете этого наиболее загадочным пунктом оказывается так называемое правило запрета Цвейга, которое лежит в основе понимания малой ширины как этих резонансов, так и распада $\phi \rightarrow 3\pi$. Одной из наиболее интересных возможностей объяснения этого запрета является уменьшение эффективной константы взаимодействия кварков с ростом массы резонанса. Однако, падает ли эта константа до нуля, как предлагают авторы /2/ /"асимптотическая свобода" - АС/ или же она останавливается на некоторой малой, но конечной величине /3/ ?

С точки зрения теоретика, первая возможность кажется более привлекательной, ибо она означает самосогласованность теории возмущений. Если же учесть, что Природе нет дела до наших математических трудностей, то вторая возможность оказывается более фундаментальной, ибо ей соответствует дополнительная симметрия динамики малых расстояний - масштабная инвариантность /МИ/.

Давайте сравним ширину распадов ϕ - и ψ -мезонов на 3π , предположив, что они имеют одинаковые квантовые числа. Из ренормализационной инвариантности /которая является общим свойством любых теорий /4/ / не трудно получить, что

$$\Gamma_{\psi 3\pi} = M_\psi \chi \left(m_\pi^2 / M_\psi^2, \bar{g}^2(M_\psi^2, g^2) \right)$$

$$\Gamma_{\phi 3\pi} = M_\phi \chi \left(m_\pi^2 / M_\phi^2, g^2 \right),$$

/1/

где $\bar{g}^2(p^2, g^2)$ - инвариантный заряд, нормированный так, что $\bar{g}^2(p^2 = 1, g^2) = g^2$. Если теперь допустить существование конечного предела при $m_\pi \rightarrow 0$ /примером такого сорта может служить распад ортопозитрония, то из /1/ немедленно получаем

$$\frac{\Gamma_{\psi 3\pi}}{\Gamma_{\phi 3\pi}} = \frac{M_\psi}{M_\phi} \frac{\chi(\bar{g}^2(M_\psi^2, g^2))}{\chi(g^2)} \quad /2/$$

Это означает, что причиной относительного подавления этих двух распадов является изменение эффективной константы взаимодействия с изменением массы резонанса.

Указанные выше возможности убывания инвариантного заряда означают следующее поведение в пределе больших p^2 :

$$\bar{g}^2(p^2, g^2) \sim \begin{cases} g^2 [1 + c g^2 \ln |p^2|]^{-1} & \text{для АС} \quad /3/ \\ g_0^2 + (g^2 - g_0^2) |p^2|^{-\kappa} & \text{для МИ.} \quad /4/ \end{cases}$$

Предложенный в /2/ механизм подавления состоит в том, что в модели "цветных" кварков и глюонов, которая обладает АС, переход странных и "зачарованных" кварков в обычные происходит не менее чем через три глюона, т.е. в низшем порядке определяется диаграммой /рис. 1/.

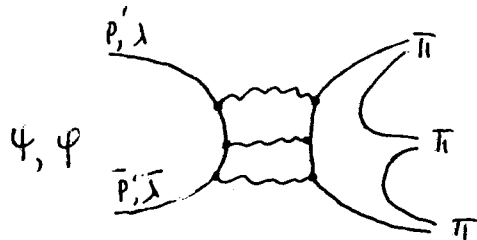


Рис. 1.

которая дает $\chi \sim (\bar{g}^2)^6$ и

$$\Gamma_{\psi 3\pi} / \Gamma_{\phi 3\pi} = M_\psi / M_\phi (\bar{g}^2(M_\psi^2, g^2) / g^2)^6$$

При этом высокая степень инвариантного заряда и величина $g^2 \approx 0,55$ /в такой модели с $=25/12\pi$ / обеспечивает требуемый порядок отношения ширин $\approx 0,1^*$.

Однако такое объяснение относительного подавления противоречит поведению сечения pp -рассеяния на большие углы. Известно /5/, что это поведение довольно хорошо описывается "размерным кварковым анализом" /6/, т.е., по сути дела, низшими борновскими диаграммами

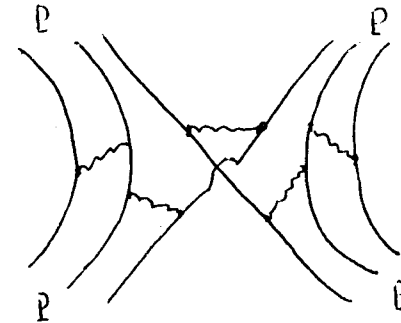


Рис. 2.

кварковой теории поля, показанными на рис. 2. Для рассеяния на фиксированный угол $\theta_{ЦМ}$ они дают

$$\frac{d\sigma}{dt} \approx \frac{1}{s^{10}} [\bar{g}^2(s, g^2)]^{10} \phi(\theta_{ЦМ}) \quad (\text{или } \frac{1}{t^{10}} (\bar{g}^2(t, g^2))^{10} f(\theta)) /4/$$

Таким образом, здесь также появляется высокая степень инвариантного заряда, которая при АС приводит к довольно заметному дополнительному падению сечения, противоре-

*Поскольку средняя множественность ψ -распада составляет 3,4, то можно ожидать, что основным адронным каналом является $\psi \rightarrow 3\pi$.

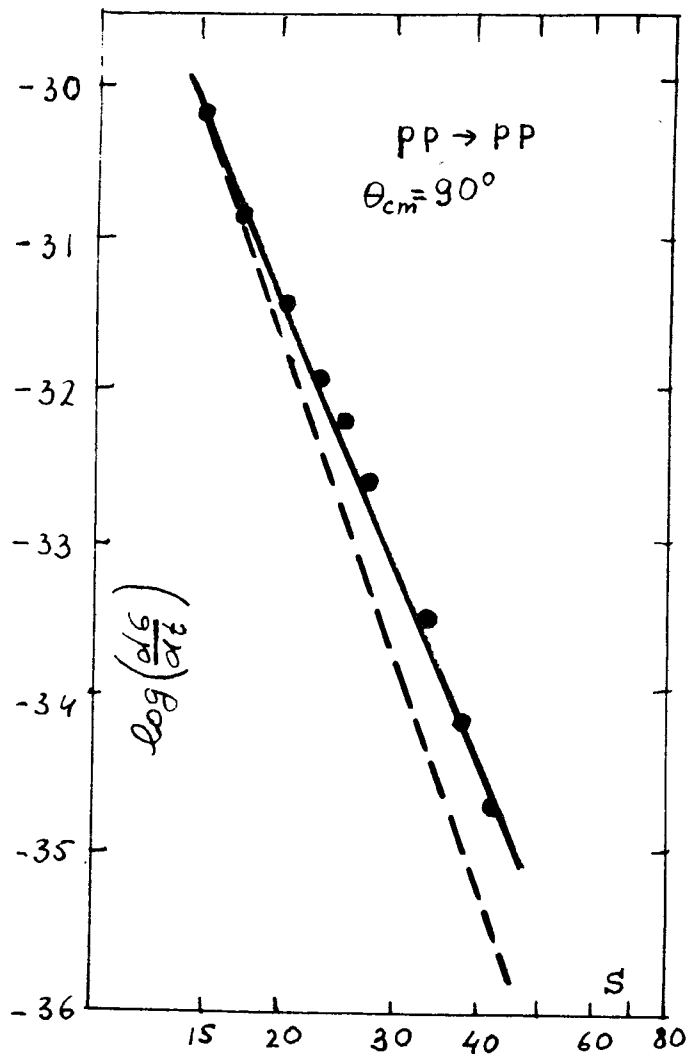


Рис. 3.

чащему экспериментальным данным. Это обстоятельство демонстрируется рис. 3, где пунктирной линией показано поведение типа /4/ с $g^2 = 0,55$, нормированное на эксперимент при $S = 15$. Подобное противоречие отсутствует при конечной величине затравочного заряда g_0^2 , если этот заряд достаточно мал. Диаграммы типа указанных на рис. 2 при этом дают в точности поведение s^{-10} . Граница асимптотической области определяется соотношением величин $z = g_0^2 / g^2$ и $s^{-\kappa}$. Как отмечалось в /5/, эта граница находится где-то в районе $|t| \approx 2,5 \text{ ГэВ}^2$, т.е. можно ожидать, что в районе $|t| \approx 1,5$ указанные два слагаемых в /36/ сравниваются между собой. Это дает связь между κ и z

$$z = (1,5)^{-\kappa},$$

изображенную на рис. 4 штриховой кривой.

Тот же механизм, разумеется, может обеспечить и подавление ширины ψ -мезона. В простейшем случае одоглюонного /или же просто четырехфермионного/ перехода, $\chi \sim (\bar{g}^2)^2$, а

$$\Gamma_{\psi 3\pi} / \Gamma_{\phi 3\pi} \sim 3(z + (1-z)(9)^{-\kappa})^2 \approx 0,1.$$

Это дает еще одну связь между z и κ , изображенную на рис. 4 сплошной кривой. Пересечение кривых определяет

$$\kappa = 3, \quad z = 0,18. \quad /5/$$

/трехглюонному механизму соответствовала бы несколько большая величина z и меньшая величина κ /.

Разумеется, к этим величинам следует относиться всего лишь как к оценкам, показывающим возможность объяснения правил Цвейга падением эффективной константы взаимодействия с уменьшением расстояния до некоторой малой конечной величины.

* Следующие порядки домножают эту степень на логарифмические факторы, которые суммируются /7/ в добавочную степень $s^{\Delta}(g_0^2)$. Однако при малой затравочной константе $\Delta \sim g_0^2 \ll 1$.

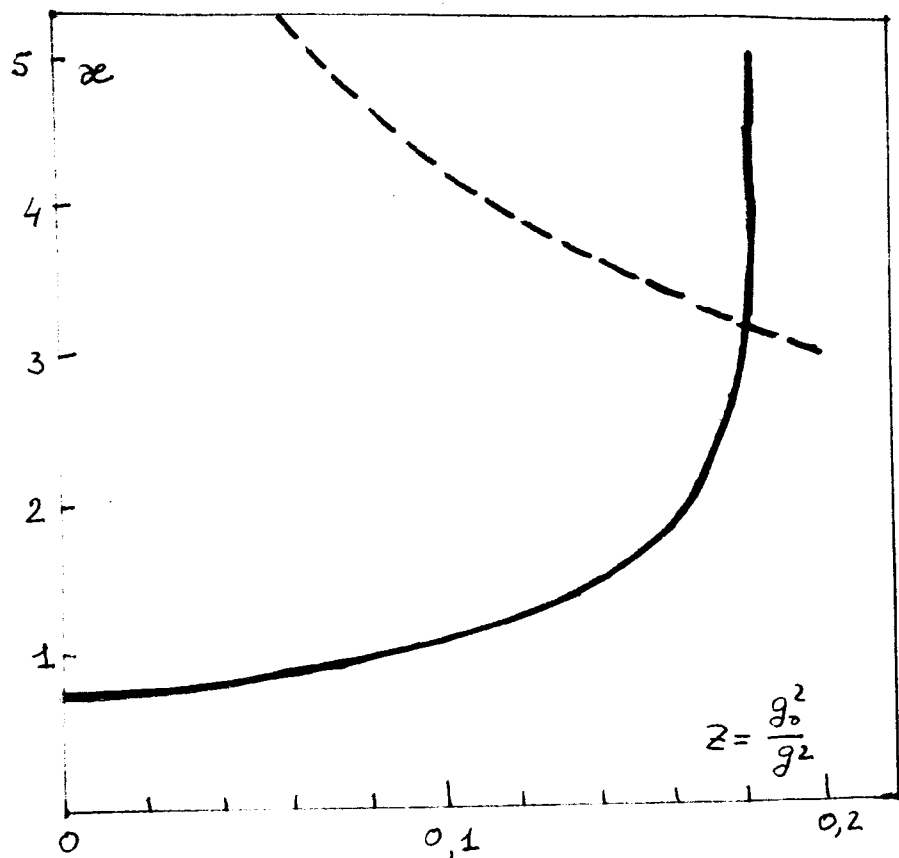


Рис. 4.

Главный вопрос - как повлияет на все рассуждения учет волновых функций ϕ , ψ и π -мезонов. Мы надеемся, что ему будет посвящена одна из следующих работ. Однако предварительный результат показывает, что если g_0^2 мало, то наше представление об адронах как о параллельных пучках слабо взаимодействующих кварков довольно близко к действительности. Тем не менее, очень интересно, что параметры /5/ дают для ψ_2

$$\Gamma_{\psi_2} \approx 180 \text{ кэВ.}$$

если принять, что канал $\psi_2 \rightarrow \psi_1 + X$ составляет $\approx 30\%$, а $\Gamma_{\psi_1} \approx 100 \text{ кэВ}$. Интересно также, что если принять $\Gamma_{\phi} \approx 620 \text{ кэВ}$, то для ω -мезона они дают $\Gamma_{\omega 3\pi} \approx 10 \text{ МэВ}$! Мы благодарны всем сотрудникам ЛТФ, участвовавшим в обсуждении работы, и особенно Д.В.Ширкову, А.Т.Филиппову и А.А.Комару.

Литература

1. J.J.Aubert et al. PRL, 33, 1404 (1974).
J.E.Augustin et al. PRL, 33, 1406 (1974).
C.Bacci et al. PRL, 33, 1408 (1974).
2. T.Appelquist, H.D.Politzer. PRL, 34, 43 (1975).
A.De Rujula. S.L.Glashow. PRL, 46 (1975).
3. A.V.Efremov, I.F.Ginzburg. Fortschritte der Physik, 22, N10 (1974).
4. Д.И.Блохинцев, А.В.Ефремов, Д.В.Ширков. Изв.вузов, № 12, 1974, стр. 23; Препринт ОИЯИ, E2-8027, Дубна, 1974.
5. P.Landshof. Proc. of London Conf. 1974, V-57.
6. V.A.Matveev et al. Lett. NC, 7, 719 (1973).
7. A.V.Efremov. Prepr. JINR, E2-7864, Dubna, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 марта 1975 года.