

Письма в ЖЭТФ, том 11, стр. 75 – 80

5 января 1970 г.

РЕГЕНЕРАЦИЯ K^0 -МЕЗОНОВ И ТЕОРЕМА ПОМЕРАНЧУКА ¹⁾

С.С.Герштейн, И.Ю.Кобзарев, Л.Б.Окунь

1. Согласно полученным недавно в Серпухове данным [1] полные

¹⁾ Доложено на совещании по физике высоких энергий в Киеве 22 X-1969 г.

сечения для K^- -мезонов постоянны в интервале $20-55 \text{ Гэв/с}$ и составляют:

$$\sigma_{K^-p} = 21 \pm (0,3 - 0,5) \text{ мбн}, \quad \sigma_{K^-d} = 40 \pm (0,4 - 0,8) \text{ мбн},$$

$$\sigma_{K^-n} = 20 \pm (0,5 - 1,3) \text{ мбн}.$$

Данные [2] по K^+ -мезонам, полученные ранее в Брукхевене, таковы: сечение σ_{K^+p} , если не придавать значения небольшим отклонениям ($\sim 0,2 - 0,3 \text{ мбн}$, но при ошибках $0,1 \text{ мбн}$) постоянно в интервале $6-20 \text{ Гэв/с}$ и равно $\sigma_{K^+p} = 17,3 \text{ мбн}$; $\sigma_{K^+d} = 33,8 \pm 0,3 \text{ мбн}$, $\sigma_{K^+n} = 17,5 \pm 0,4 \text{ мбн}$. (При больших энергиях данных по K^+ -мезонам нет). Таким образом, данные [1, 2] не противоречат гипотезе, согласно которой сечения K^+ вышли на постоянный асимптотический предел уже с 6 Гэв/с , а K^- — с 20 Гэв/с ¹⁾, так что при $E \rightarrow \infty$:

$$\sigma_{K^-p} - \sigma_{K^+p} = 3,5 \pm 0,5 \text{ мбн}, \quad \sigma_{K^-d} - \sigma_{K^+d} = (6 \pm 1) \text{ мбн} \quad (1)$$

$$\sigma_{K^-n} - \sigma_{K^+n} = 2,5 \pm 1,5 \text{ мбн}.$$

Если бы это было так, то оказалась бы нарушенной теорема Померанчука [3], согласно которой $\sigma = \bar{\sigma}$ при $E \rightarrow \infty$.

Разумеется, данные [1, 2] ни в коей мере не доказывают, что сечения σ_{K^+p} и σ_{K^-p} действительно вышли на свои асимптотические постоянные пределы. В частности, не исключено, что сечение σ_{K^+p} начнет расти, начиная с 20 Гэв и сближаться с σ_{K^-p} . Что касается σ_{K^-p} , то его в области $E \geq 20 \text{ Гэв}$ при имеющихся ошибках можно аппроксимировать не только горизонтальной прямой, но и медленно падающей с ростом энергии кривой, а также кривой, имеющей минимум (последняя возможность обсуждается в работе [4]). Тем не менее нам кажется своевременным обсуждение возможности того, что $\sigma - \bar{\sigma} = \text{const} \neq 0$ при $E \rightarrow \infty$.

Цель этой работы — отметить, что гипотеза о том, что $\sigma_{KN} - \bar{\sigma}_{KN} = \text{const} \neq 0$ при $E \rightarrow \infty$ приводит к ряду четких предска-

¹⁾ Данные [2] не противоречат тому, что σ_{K^-p} вышло на постоянный предел при 18 Гэв/с , а σ_{K^-d} — при 14 Гэв/с .

ний, относящихся к регенерации K^0 -мезонов. Так что если эксперименты не подтвердят эти предсказания, то это будет означать, что гипотеза неправильна.

2. В силу изотопической симметрии:

$$\begin{aligned} \sigma_{K^0 p} &= \sigma_{K^+ n}, & \sigma_{\bar{K}^0 p} &= \sigma_{K^- n}, & \sigma_{K^0 n} &= \sigma_{K^+ p}, \\ \sigma_{K^0 p} &= \sigma_{K^- p}, & \sigma_{K^- d} &= \sigma_{K^+ d}, & \sigma_{\bar{K}^0 d} &= \sigma_{K^- d} \end{aligned} \quad (2)$$

и, следовательно,

$$\begin{aligned} \sigma_{\bar{K}^0 p} - \sigma_{K^0 p} &= 2,5 \pm 1,5 \text{ мбн}, & \sigma_{\bar{K}^0 n} - \sigma_{K^0 n} &= 3,5 \pm 0,5 \text{ мбн}, \\ \sigma_{\bar{K}^0 d} - \sigma_{K^0 d} &= 6 \pm 1 \text{ мбн}. \end{aligned} \quad (3)$$

Мнимая часть амплитуды регенерации вперед f_{21} определяется соотношением:

$$\frac{2 \operatorname{Im} f_{21}}{k} = \frac{\operatorname{Im}(f - \bar{f})}{k} = \frac{\sigma_{K^0} - \sigma_{\bar{K}^0}}{4\pi} = \begin{cases} -0,2 \pm 0,1? \text{ мбн для } p \\ -0,3 \pm 0,04 \text{ мбн для } n \\ -0,5 \pm 0,08 \text{ мбн для } d. \end{cases} \quad (4)$$

Хорошо известно (Померанчук [3], Мартен [5, 6]), что постоянная разность $\sigma - \bar{\sigma}$ должна приводить к логарифмически растущему отношению реальной и мнимой части кроссинг-антисимметричной амплитуды, если эта амплитуда удовлетворяет дисперсионным соотношениям. Амплитуда регенерации описывается в этом случае выражением: ¹⁾

$$f_{21}(E) = E(\ln E + \ln(E)) \frac{\sigma_{\bar{K}N} - \sigma_{KN}}{8\pi^2}, \quad (5)$$

где E — энергия в лабораторной системе координат. Из этого выражения следует, что

$$\frac{\operatorname{Re} f_{21}}{\operatorname{Im} f_{21}} = -\frac{2}{\pi} \ln E. \quad (6)$$

¹⁾ Соответствующее выражение в работах [5, 6] содержит опечатку в знаке и логарифмически растет при $\sigma = \bar{\sigma}$.

При энергиях ниже $6 \Gamma эв$: $Re f_{21} / Im f_{21} = +1$, смотри [7, 8]. Таким образом, реальная часть f_{21} должна изменить знак с ростом энергии, а затем должна начать расти по закону $E \ln E$. Грубая оценка, основанная на предположении, что f_{21} представляет собой сумму двух членов: раджевского-степенного и вида (5), показывает, что это изменение знака может произойти в районе $20 \Gamma эв$. Однако, оценка эта очень ненадежна.

Логарифмический рост амплитуды регенерации на угол 0° должен в силу унитарности приводить к тому, что как функция t , где t — квадрат переданного 4-импульса, амплитуда $f_{21}(t)$ должна иметь сужающийся с энергией конус ²⁾, так что

$$t_{эфф} (\ln E)^2 \leq \text{const} . \quad (7)$$

Такое поведение отвечает тому, что прицельные расстояния ρ , на которых происходит регенерация, логарифмически растут с энергией: $\rho \sim \ln E$.

Из сказанного выше следует, что опыты по исследованию регенерации на ускорителе в Серпухове представляют первостепенный интерес. (Такие опыты обсуждались ранее Оконовым [10]).

3. Разумеется, если бы обсуждаемые опыты подтвердили перечисленные выше предсказания, то это еще не значило бы, что доказано нарушение теоремы Померанчука, поскольку могут существовать неасимптотические режимы, приводящие в конечном интервале энергий к аналогичным зависимостям. Так, например, если $\sigma - \bar{\sigma}$ достаточно близка к константе в достаточно широком интервале энергий ($E_1 < E < E_2$), то из дисперсионного соотношения для f_{21}

$$Re [f_{21}(E) - f_{21}(m_K)] = \frac{2E^3}{\pi} P \int_0^\infty \frac{Im f_{21}(E') dE'}{E'^2(E'^2 - E^2)} , \quad (8)$$

следуя Померанчуку [3], получим для $E_1 \ll E < E_2$:

$$\frac{Re f_{21}}{Im f_{21}} \approx - \frac{2}{\pi} \ln \frac{E}{E_1} \left(1 + \frac{E^2}{2E_2^2} \right) + c , \quad (9)$$

²⁾ В.Н.Грибов, И.Я.Померанчук, частное сообщение, 1961–62 гг., Иден [9].

что при достаточно малых ϵ и $\frac{E_2 - E}{E_2} \sim 1$ переходит в $-\frac{2}{\pi} \ln \frac{E}{E_1}$,

что совпадает с (6).

В силу соотношений (3) предсказания для $\text{Im} f_{21}$ в случае регенерации на дейтерии обладает лучшей точностью, чем в случае водорода.

Основные результаты по регенерации при энергиях 1–6 Гэв были получены до сих пор на ядрах С, Сх и Рб. (Нам известна лишь одна работа, выполненная на водороде [11]). Для различных ядер фаза f_{21} оказалась практически одной и той же ($\phi_{21} \approx -\frac{3\pi}{4}$); причем согласно

[6], как ϕ_{21} , так и $|f_{21}|$ хорошо согласуются с расчетами по оптической модели. Это позволяет заключить, что сравнительно более легкие опыты на ядрах (а не только на водороде и дейтерии), если их выполнить при серпуховских энергиях, могут дать (в сочетании с расчетами по оптической модели) довольно надежные сведения об амплитудах регенерации на нуклонах и, следовательно, могут дать ответ на обсуждавшиеся выше вопросы.

Мы благодарны за многочисленные интересные обсуждения А.А.Ансельму, В.Н.Грибову, Б.Л.Иоффе, А.Б.Кайдалову, Е.М.Левину, И.И.Левинтову, Ю.Д.Прокошкину и К.А.Тер-Мартirosяну.

Поступила в редакцию

3 декабря 1969 г.

Литература

- [1] J.V.Allaby, Yu. B.Bushnin, S.P.Denisov, A. N.Diddens, R.W.Dobinson, S.V.Donskov, G.Giacomelli, Yu. P.Gorin, A.Klovning, A.I.Petrukhin, Yu. D.Prokoshkin, R.S.Shuvalov, G.A.Stohlbrandt, D.A.Stoyanova. Physics Letters 30, 1969.
- [2] W.Galbraith, E.W.Jenkins, T.F.Kycia, B.A.Leontic, R.H.Phillips, A.L.Read, R.Rubinstein. Phys. Rev. 138, B13, 1965.
- [3] И.Я.Померанчук. ЖЭТФ, 34, 725, 1958.
- [4] А.И.Лендел, К.А.Тер-Мартirosян. Письма в ЖЭТФ, 10, данный номер, 1969.
- [5] A.Martin. Nuovo Cim., 39, 705, 1965.
- [6] A.Martin. Preprint CERN TH, 1075, 16 September, 1969.
- [7] H.Faissner, H.Foeth, A.Staude, K.Tittel, P.Darriulat, K.Kleinknecht, C.Rubbia, J.Sandweiss, M.I.Ferrero, C.Grosso. Preprint CERN, 6 June 1969. Submitted to Physics Letters; P.Darriulat, K.Kleink-

necht, C.Rubbia, J.Sandweiss, H.Foeth, A.Staude, K.Tittel, M.Ferro, C.Grosso. Preprint CERN, 14 August, 1969. Submitted to Physics Letters.

- [8] J.W.Cronin. Proceedings of the 14 - th High Energy Physics Conference. Vienna, 1968, p.296.
- [9] R.J.Eden. Phys. Rev. Lett., 16, 39, 1966.
- [10] Э.О.Оконов. Препринт ОИЯИ, РІ - 3788, Дубна, 1968.
- [11] A.Firestone, J.K.Kim, J.Lach, J.Sandweiss, H.D.Taft, V.Barnes, H.Foelsche, T.Morris, Y.Oren, M.Webster. Phys. Rev. Lett., 16, 556, 1966; 17, 116, 1966.