

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ФОТОНОВ С ОБРАЗОВАНИЕМ ПАРЫ $\pi$ -МЕЗОНОВ

В. И. Хлесков

Взаимодействие электронов и позитронов во встречных пучках в определенной кинематике протекает через взаимодействие двух виртуальных фотонов [1, 2]. Известна связь сечений реакций  $ee \rightarrow ee$  + адроны и  $\gamma + \gamma \rightarrow$  адроны, что дает принципиальную возможность получить информацию о процессах взаимодействия света со светом [3]. Этим объясняется большой интерес физиков к процессам  $\gamma + \gamma \rightarrow$  адроны и в частности к процессу  $\gamma + \gamma \rightarrow \pi + \pi$  [4, 5].

В данной работе реакция  $\gamma + \gamma \rightarrow \pi + \pi$  рассмотрена методом дисперсионных соотношений для виртуальных пространственно подобных фотонов с заданными квадратами 4-импульсов. Дисперсионные соотношения для амплитуд рассеяния двух фотонов  $T_{\alpha\beta}(t, \cos \phi_t)$  получены в системе центра масс по энергетической переменной  $t = (k + k')^2$  ( $k, k'$  — импульсы фотонов) при фиксированном угле рассеяния  $\phi_t$ . В прямом канале разрез в комплексной плоскости переменной  $t$  связан с двухмезонным состоянием  $t \geq 4\mu^2$ . Кроссинг каналы были представлены борновскими членами и ближайшими  $\rho$  и  $\omega$  резонансами. Использовалось двухчастичное условие унитарности, т. е. рассмотрение ограничено областью небольших энергий (до  $E \sim 1$  Гэв). В этом случае можно ограничиться вкладом  $s$  и  $d$  парциальных волн:  $T_{\alpha\beta}^{(T)} \approx T_{\alpha\beta}^{(T)}(\ell=0) + 5P_2(\cos \phi_t) T_{\alpha\beta}^{(T)}(\ell=2)$  ( $\ell$  четно из С-инвариантности). Полагая  $\cos \phi_t = 1/\sqrt{3}$  выделяем в амплитуде  $s$ -волну  $T_{\alpha\beta}^{(T)}(t, \cos \phi_t = 1/\sqrt{3}) \approx T_{\alpha\beta}^{(T)}(t)_s$ .

Дисперсионное уравнение для амплитуды рассматриваемого процесса имеет вид:

$$T_{\alpha\beta}^{(T)}(t)_s = \frac{1}{\pi} \int_{4\mu^2}^{\infty} \frac{e^{-i\delta_s^T(t')} \sin \delta_s^T(t') T_{\alpha\beta}^{(T)}(t')_s}{t' - t - i\epsilon} dt' +$$

$$+ B_{\alpha\beta}\left(t, \cos \phi_t = \frac{1}{\sqrt{3}}\right) + P_{\alpha\beta}\left(t, \cos \phi_t = \frac{1}{\sqrt{3}}\right), \quad (1)$$

где  $B_{\alpha\beta}, P_{\alpha\beta}$  вклады борновских членов и резонансов;  $\delta_s^T$  — фаза  $s$ -волны  $\pi\pi$ -рассеяния с изоспином  $T$ .

Решение сингулярного уравнения (1) сводится к решению краевой задачи Римана [6]. Поперечное сечение процесса  $\gamma + \gamma \rightarrow \pi + \pi$  для виртуальных фотонов во встречных пучках (электрон и позитрон рассеиваются вперед) записывается в форме [7]:

$$\sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi\pi}(t) = \sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi\pi}^{II}(t) + 4K(t)\sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi\pi}^{III}(t) + 4K^2(t)\sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi\pi}^{IV}(t)$$

здесь

$$K(t) = 16 \frac{m_\gamma^4}{t^2} \left[ \frac{(2E - \sqrt{t})E}{m_\gamma^2} + \frac{1}{2} \right]; \quad k^2 = k'^2 = -m_\gamma^2;$$

$E$  — энергия частиц во встречных пучках.

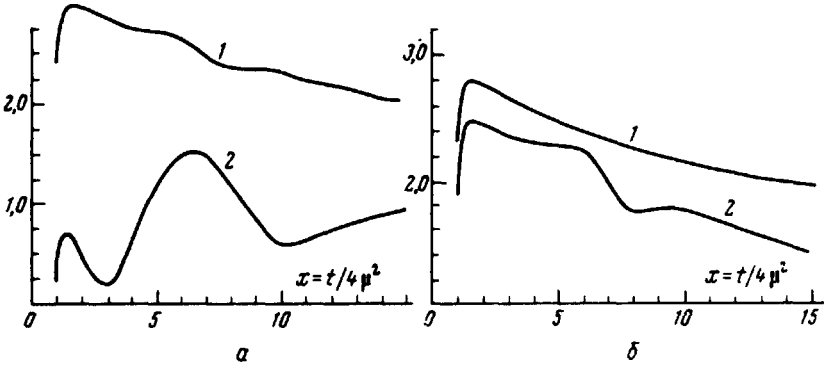


Рис. 1. Взаимодействие поперечных фотонов:  
 а —  $\lg(10^{30} \sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi^0 \pi^0}^{II} \text{ см}^2)$  — кривая 1,  $\lg(10^{31} \sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi^+ \pi^-}^{II} \text{ см}^2)$  — кривая 2; б —  $\lg(10^{30} \sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi\pi}^{III}(T=2) \text{ см}^2)$  — кривая 1,  $\lg(10^{30} \sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi\pi}^{III}(T=0) \text{ см}^2)$  — кривая 2

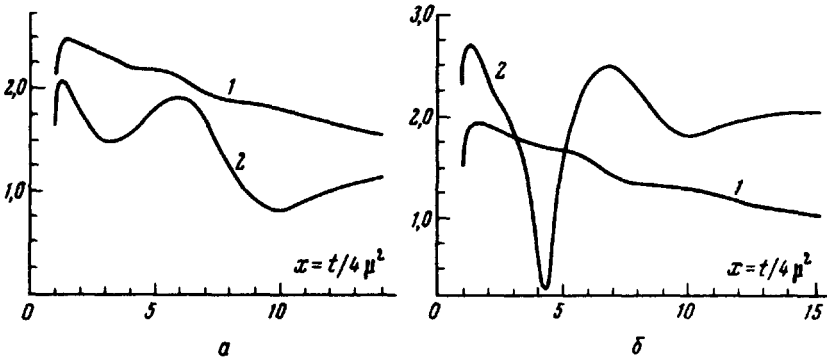


Рис. 2. а — Взаимодействие продольного фотона с поперечным:  $\lg(10^{30} \sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi^0 \pi^0}^{III} \text{ см}^2)$  — кривая 1 и  $\lg(10^{32} \sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi^+ \pi^-}^{III} \text{ см}^2)$  — кривая 2; б — взаимодействие двух продольных фотонов:  $\lg(10^{30} \sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi^0 \pi^0}^{IV} \text{ см}^2)$  — кривая 1,  $\lg(10^{33} \sigma_{\gamma\gamma \rightarrow \pi^+ \pi^-}^{IV} \text{ см}^2)$  — кривая 2

Заметим, что для реального света ( $m_\gamma^2 = 0$ ) сечения процессов с участием продольных фотонов не вносят вклада. Решения уравнения (1) по точным формулам были просчитаны на ЭВМ с использованием для фаз  $\delta_s^T(t)$   $\pi\pi$ -рассеяния выражений, которые хорошо согласуются с экспериментальными точками. Для  $\delta_s^0(t)$  параметризация была выбрана резонансной с резонансом в точке  $M_\sigma = 730 \text{ Мэв}$ .

Кривые сечений процессов  $\gamma + \gamma \rightarrow \pi + \pi$  с поперечными фотонами приведены на рис. 1, а и б. Сечения этого же процесса с участием одного или двух продольных фотонов представлены на рис. 2, а и б. Интересно сравнить эти результаты с результатами работы [8], в которой эта реакция рассматривается для реальных фотонов.

В нашем случае сечение образования пары  $\pi\pi$  ( $T = 0$ ) имеет аномальное поведение в районе  $M_\sigma = 730$  Мэв, порождаемое  $\sigma$ -мезоном. В сечениях образования  $\pi^+\pi^-$ -пары наблюдается широкий пик. В работе [8] этот пик отсутствует. По-видимому, это связано с параметризацией  $\pi\pi$ -фаз.

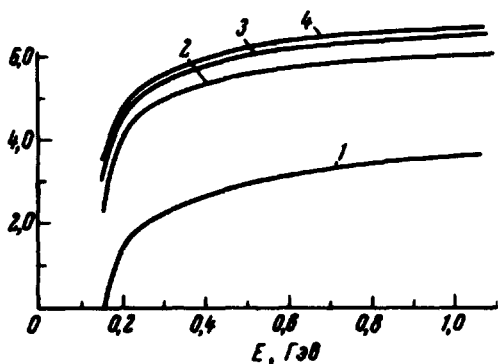


Рис. 3. Кривые 1, 2, 3 и 4 есть  $\lg(10^{36} \sigma_{ee \rightarrow ee \pi\pi} \text{ см}^2)$  для  $\pi^+\pi^-$ ,  $\pi\pi$  ( $T=0$ ),  $\pi\pi$  ( $T=2$ ) и  $\pi^0\pi^0$  конечных двухмезонных состояний

На рис. 3 приведены дифференциальные сечения процессов  $ee \rightarrow ee + \pi\pi$ , полученные с помощью метода эквивалентных фотонов. Сечение процесса  $ee \rightarrow ee + \pi^0\pi^0$  оказывается на порядок больше сечения процесса  $ee \rightarrow ee + \pi^+\pi^-$ . В работе [8] ситуация обратная. Это связано с тем, что в работе [8] не учтен вклад  $\omega$  и  $\rho$  резонансов ( $\omega$ -мезон дает вклад в реакцию  $\gamma + \gamma \rightarrow \pi^0 + \pi^0$ ,  $\rho$ -мезон в обе реакции), константы которых связаны соотношением

$$g_{\omega\pi\gamma}^2 = 9g_{\rho\pi\gamma}^2 > g_{\rho\pi\gamma}^2.$$

В заключение выражаю благодарность П.С.Исаеву за руководство работой и И.Ф.Гинзбургу за плодотворные обсуждения.

Объединенный  
институт ядерных исследований

Поступила в редакцию  
15 декабря 1971 г.

### Литература

- [1] N.Arteago-Romero, A. Jaccarini, J.Parisi, P.Kessler. Lett. Nuovo Cim., 4, 933, 1970; 1, 935, 1971.
- [2] S.J.Brodsky, T.Kihoshita, H.Terazawa. Phys. Rev. Lett., 25, 972, 1970.
- [3] В.М.Буднев, И.Ф.Гинзбург. ЯФ, 13, 2, 353, 1971.
- [4] A.Bramon, M.Greco. Preprint. LNF-71/34, Roma, 1971.
- [5] H.Cheng, T.T.Wu. Preprint. DESY 71/23. Hamburg, 1971.

- [6] Д.Гахов. Краевые задачи. М., Гостехиздат, 1960.
- [7] П.С.Исаев, В.И.Хлесков. Препринт ОИЯИ Р2-5505, Дубна, 1971.
- [8] D.H.Lyth. Preprint University of Lancaster, 1971.
-