

## ОБ ОБРАЗОВАНИИ ДВУХ ЭЛЕКТРОННО-ПОЗИТРОННЫХ ПАР ПРИ СТОЛКНОВЕНИИ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ

*В.Г.Сербо*

Недавно Балакин, Буднев и Гинзбург [1] предложили новый механизм для исследования реакции  $\gamma\gamma \rightarrow$  адроны при высокой энергии. Предполагая, что сечение этой реакции постоянно и порядка  $\sim (\alpha/m_\pi)^2 \sim 10^{-30} \text{ см}^2$ , они дали оценки неупругого процесса образования адронов при столкновении встречных электронных пучков (рисунок а). Полное сечение растет как четвертая степень логарифма энергии и для экспериментально достижимых вскоре энергий пучков  $\sqrt{s} = 2E = 7 \text{ Гэв}$  это сечение должно быть не менее чем  $10^{-33} \text{ см}^2$  [1].

В настоящей работе мы хотим указать подобный чисто электродинамический процесс — образование двух  $e\bar{e}$  пар при столкновении быстрых частиц.

Известно, что сечение образования одной  $e\bar{e}$  пары двумя фотонами падает с ростом энергии и при  $s \gg m^2$  сечение  $\sigma(\gamma\gamma \rightarrow e\bar{e}) = 4\pi(\alpha^2/s) \ln(s/m^2)$ . Сечение образования одной пары при столкновении быстрых частиц с зарядами  $Z_1 e$  и  $Z_2 e$ , найденное Ландау и Лифшицем [2, 3], напротив, логарифмически растет

$$\sigma(Z_1 Z_2 \rightarrow Z_1 Z_2 + e\bar{e}) = \frac{28}{27\pi} \left( \frac{\alpha^2}{m} Z_1 Z_2 \right)^2 \ln^3 \gamma, \quad (1)$$

где  $\tilde{\gamma} = 1/\sqrt{1-v^2}$  и  $v$  — относительная скорость сталкивающихся частиц,  $m$  — масса электрона,  $\alpha = 1/137$ .



Сечение образования двух  $e\bar{e}$  пар (рисунок б) двумя фотонами найдено Липатовым и Фроловым [4]; оно постоянно при высокой энергии

$$\sigma(\gamma\gamma \rightarrow 2e\bar{e}) = \sigma_2 = \frac{\alpha^4}{9\pi m^2} \left[ 50 \ln 2 - \frac{25\pi^2}{12} - \frac{19}{2} \right] = 0,67 \cdot 10^{-30} \text{ см}^2. \quad (2)$$

Воспользовавшись значением (2) для  $\sigma_2$ , легко найти методом эквивалентных фотонов и  $\sigma(Z_1 Z_2 \rightarrow Z_1 Z_2 + 2e\bar{e})$ . Вычисления здесь подобны тем, которые проводятся при нахождении (1) (см. [3]). Для этого найдем сначала сечение образования двух пар в поле ядра  $Ze$  фотоном с частотой  $\omega \gg m$

$$\sigma(\gamma Z \rightarrow Z + 2e\bar{e}) = \sigma_2 Z^2 \frac{\alpha}{\pi} \ln^2 \frac{\omega}{m}. \quad (3)$$

Далее, используя (3), найдем сечение образования двух пар при столкновении двух быстрых частиц (рисунок в)

$$\sigma(Z_1 Z_2 \rightarrow Z_1 Z_2 + 2e\bar{e}) = \sigma_2 \frac{1}{6} \left( Z_1 Z_2 \frac{\alpha}{\pi} \right)^2 \ln^4 \gamma. \quad (4)$$

Для встречных электронных пучков с  $E = 3,5 \text{ Гэв}$  ( $\gamma = 2E^2/m^2 = 0,94 \cdot 10^8$ ) это сечение равно  $0,7 \cdot 10^{-31} \text{ см}^2$ .

Отметим в заключение, что сечение образования двух мюонных пар подавлено по сравнению с (2) в  $(m/\mu)^2$  раз,  $\sigma(\gamma\gamma \rightarrow 2\mu\bar{\mu}) \sim 2,3 \cdot 10^{-5} \sigma_2$  ( $\mu = 206 m$  — масса мюона). В то же время сечение образования одной  $e\bar{e}$  и одной  $\mu\bar{\mu}$  пары может быть на два порядка выше. В самом деле, воспользовавшись результатом Ченга и Ву [5] для упругого  $\gamma\gamma$ -рассеяния на угол ноль (рисунок г) и за-

меня в одном из фотонных импакт-факторов  $m$  на  $\mu$ , получим для амплитуды (ср. (2))

$$M_{++}^{\gamma\gamma}(s, t = 0) = i s \frac{\alpha^4}{9\pi\mu^2} \left[ \frac{112}{3} \ln^2 \frac{\mu}{m} \right]$$

(учитывая, что  $\mu \gg m$ , здесь оставлены лишь старшие степени  $\ln \mu/m$ ).

Отсюда по оптической теореме легко получить, что  $\sigma(\gamma\gamma \rightarrow e\bar{e} + \mu\bar{\mu}) \sim 5 \cdot 10^{-3} \sigma_2$ .

Автор благодарен В.Е.Балакину, В.М.Будневу и И.Ф. Гинзбургу за полезные обсуждения.

Новосибирский  
государственный университет

Поступила в редакцию  
2 июня 1970 г.

### Литература

- [1] В.Е.Балакин, В.М.Буднев, И.Ф.Гинзбург. Письма в ЖЭТФ, 11, 559, 1970;  
В.М.Буднев, И.Ф.Гинзбург. Препринт ТФ-55 ИМ, СО АН СССР, 1970;  
ЯФ, 12, вып. 9, 1970.
- [2] L.D.Landau, E.M.Lifshitz. Phys. Zs. Sowjet, 6, 244, 1934.
- [3] А.И.Ахиезер, В.Б.Берестецкий. Квантовая электродинамика, М., Изд. Наука, 1969, § 33.5, 33.6.
- [4] Л.Н.Липатов, Г.В.Фролов. Письма в ЖЭТФ, 10, 399, 1969.
- [5] H.Cheng, T.T.Wu. Phys. Rev., 192, 1852, 1969.