

К ВОПРОСУ О ПРЕВРАЩЕНИИ ФОТОННЫХ ПАР В АДРОНЫ ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

К.А.Испирян, С.Г.Матинян

В настоящем письме рассматривается $\gamma\gamma$ -взаимодействие при высоких энергиях на основе модели векторной доминантности, получившей за последнее время широкое распространение.

Эта модель позволяет связать процесс $\gamma + \gamma \rightarrow \rho^0 + \rho^0$ при высоких энергиях с процессом $\rho^0\rho^0$ -рассеяния:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\gamma\gamma \rightarrow \rho^0\rho^0) = g_{\gamma\rho}^4 \frac{d\sigma}{d\Omega}(\rho^0\rho^0 \rightarrow \rho^0\rho^0), \quad (1)$$

где для константы $\gamma\rho$ -перехода имеем $g_{\gamma\rho}^2 = 0,5\alpha$ ($\alpha = 1/137$).

Считая, что амплитуда $\rho\rho$ -рассеяния при высоких энергиях чисто мнимая, получим

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\gamma\gamma \rightarrow \rho^0\rho^0)|_0 = \frac{g_{\gamma\rho}^4}{16\pi^2} k^2 \sigma_{\rho\rho}^{(\prime)2}(k), \quad (2)$$

где $\sigma_{\rho\rho}^{(\prime)}$ — полное сечение $\rho\rho$ -взаимодействия, а k — трехмерный импульс в СЦИ ($m_\rho/2k \ll 1$). Величину $\sigma_{\rho\rho}^{(\prime)}(k)$ при больших k в хорошем приближении можно получить, считая, что в ней преобладает вклад полюса Померанчука. Пользуясь теоремой о факторизации вычетов и беря для $\sigma_{NN}^{(\prime)}$ величину 39 мбн, а для $\sigma_{\rho N}^{(\prime)}$ — значение 31,3 мбн, найденное из опытов по фоторождению ρ^0 -мезонов [1], будем иметь $\sigma_{\rho\rho}^{(\prime)} = 25$ мбн. Это дает

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\gamma\gamma \rightarrow \rho^0\rho^0)|_0 = 0,16 k^2 \text{ мбн/стерад}, \quad (3)$$

где всюду в дальнейшем k измеряется в Гигаэлектронвольтах.

Как и следовало ожидать на базе идеи о векторной доминантности, $\gamma\gamma$ -столкновения, приводящие к рождению векторных мезонов на малые

углы, ведут себя при высоких энергиях аналогично процессам упругого рассеяния адронов и должны преобладать над лептонными электромагнитными процессами.

Применяя аналогичные соображения к процессу $\gamma\gamma$ -рассеяния при высоких энергиях, можно получить*

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\gamma\gamma \rightarrow \gamma\gamma)|_0 = 2 \cdot 10^{-6} k^2 \text{ мкбн/стерад.} \quad (4)$$

Для сравнения приведем аналогичную величину, соответствующую обычной диаграмме $\gamma\gamma$ -рассеяния с электронной петлей:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\gamma\gamma \rightarrow \gamma\gamma)|_0 = 1,05 \cdot 10^{-7} k^{-2} (\ln k + 7,6)^4 \text{ мкбн/стерад.} \quad (4')$$

Если снова принять, что амплитуда упругого рассеяния векторных мезонов друг на друге, через которую в нашем случае выражается амплитуда $\gamma\gamma$ -рассеяния, чисто мнимая, то из (4) для полного сечения $\gamma\gamma$ -взаимодействия (вернее, его адронной части) найдем, независимо от $k(k > 1)^*$,

$$\sigma_{\gamma\gamma}^{(*)} = 0,013 \text{ мкбн.} \quad (5)$$

Приведем, опять-таки для сравнения, сечение процесса образования пар фотонами ($k > 1$):

$$\sigma_{\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-}(k) = 0,12 k^{-2} (\ln k + 7,8) \text{ мкбн.} \quad (5'')$$

Несмотря на специфичность полученных результатов (1) – (5), они вряд ли могут представлять непосредственный экспериментальный интерес в ближайшее время. Тем не менее, представляется интересным выяснить, меняют ли полученные результаты и, в частности (5), ситуацию в вопросе о поглощении фотонов очень больших энергий в межгалактическом пространстве.

Как известно [2–5], наиболее эффективный источник поглощения фотонов высоких энергий ($E = 10^{12} + 10^{24}$ эв) в "фотонном газе" – процесс образования пар

$$\gamma(E) + \gamma(\epsilon) \rightarrow e^+ + e^-,$$

где E и ϵ – энергии γ -квантов, соответственно, налетающего и из газа в L -системе. Этот процесс особенно существен для поглощения фотонов в недавно открытом [6] изотропном тепловом излучении с $T = 3^\circ\text{K}$, а также во внегалактическом радиоизлучении [3–5].

Если использовать наш результат (5) для оценки роли адронного механизма поглощения γ -квантов, то для вероятности поглощения P на единицу длины нетрудно найти: $P_T = 1,5 \cdot 10^{-29} \text{ см}^{-1}$ (поглощение фотонами "реликтового" излучения [4]); $P_R = 3,2 \cdot 10^{-30} \text{ см}^{-1}$ (поглощение

фотонами внегалактического радиоизлучения [5]. Для фотонов с $E > 7 \cdot 10^{23}$ эв вклад адронного механизма преобладает над вкладом в P_T от процесса образования пар и не меняется с энергией.

Мы видим, что рассматриваемый механизм не меняет существенно вопроса о поглощении фотонов во Вселенной для разумных значений энергии γ -квантов.

Авторы благодарят А.И.Алиханяна за интерес к работе. Один из авторов (С.М.) благодарит О.В.Канчели за обсуждения.

Поступило в редакцию
18 января 1968 г.

Литература

- [1] J.G.Asbury et al. Phys. Rev. Lett., 19, 865, 1967.
- [2] А.И.Никишов. ЖЭТФ, 41, 549, 1961.
- [3] Г.Гольдрейх, П.Моррисон. ЖЭТФ, 45, 344, 1963.
- [4] J.V.Jelley. Phys. Rev. Lett., 16, 479, 1966.
- [5] R.J.Gould, G.P.Schreder. Phys. Rev., 155, 1408, 1967.
- [6] A.A.Penzias, R.W.Wilson. Astrophys. J., 142, 419, 1965.

* При оценке (4) мы ограничились рассмотрением только наиболее интенсивного $\gamma\rho$ -перехода. Учет $\gamma\omega$ - и $\gamma\phi$ -переходов приводит к увеличению величин сечений в (4) и (5) примерно на 30%.