

10 Report ?. (presented by Sho Nakamura)

update:21/Apr/2011

[?] 1TeV 光子の正面衝突による electron, positron 生成

1TeV の photon が別の photon と正面衝突して電子・陽電子対を生成するには、衝突相手の photon のエネルギーは何 eV 以上であればよいか。重心系で衝突を観測したときに光子のエネルギーが電子・陽電子の総静止質量エネルギーよりも大きければよい。

[?]

photon1, 2 の 4 元運動量をそれぞれ P_{p1}^μ, P_{p2}^μ とおくと

$$cP_{p1}^\mu = (E_{p1}, c\mathbf{p}_{p1}) \quad (1)$$

$$cP_{p2}^\mu = (E_{p2}, c\mathbf{p}_{p2}) \quad (2)$$

ただし、photon なので

$$|\mathbf{p}_{p1}| = p_{p1} = \frac{E_{p1}}{c}, \quad |\mathbf{p}_{p2}| = p_{p2} = \frac{E_{p2}}{c} \quad (3)$$

が成り立つ。よって衝突前の全系の 4 元運動量より

$$cP_{前}^\mu = cP_{p1}^\mu + cP_{p2}^\mu \implies c^2 P_{前}^\mu P_{前\mu} = \underbrace{c^2 P_{p1}^\mu P_{p1\mu}}_{=0} + 2c^2 P_{p1}^\mu P_{p2\mu} + \underbrace{c^2 P_{p2}^\mu P_{p2\mu}}_{=0} = 2(E_{p1}E_{p2} - c^2 \mathbf{p}_{p1} \cdot \mathbf{p}_{p2}) \quad (4)$$

正面衝突より $\mathbf{p}_{p1} \cdot \mathbf{p}_{p2} = -p_{p1}p_{p2}$

$$\therefore c^2 P_{前}^\mu P_{前\mu} = 4E_{p1}E_{p2} \quad (5)$$

次に、正面衝突が起こったあとの electron, positron の重心系での 4 元運動量について考える。これは重心静止系なので、重心に $2m_e$ の粒子が静止していると考えることができるので、全系の 4 元運動量は

$$cP_{後}^\mu = (2m_e c^2, \mathbf{0}) \implies c^2 P_{後}^\mu P_{後\mu} = 4m_e^2 c^4 \quad (6)$$

(5) = (6)、さらに $E_{p1} = 1 \text{ TeV}$ を代入すると

$$E_{p2} = \frac{m_e^2 c^4}{E_{p1}} \sim \frac{(0.5 \text{ MeV})^2}{10^6 \text{ MeV}} = 0.25 \times 10^{-6} \text{ (MeV)} = 0.25 \text{ (eV)} \quad (7)$$

よって 0.25eV 以上の photon と衝突してしまうと TeV γ 線は electron, positron-pair creation してしまい、観測されないことになる。