

(6-12, p. 232 FRENCH) Un antiprotó \bar{p} amb una energia cinètica de $2/3$ GeV xoca contra un protó p que es troba en repòs al laboratori. S'anihilen mitjançant

la reacció $\bar{p} + p \rightarrow \gamma_1 + \gamma_2$, és a dir, es creen dos fotons gamma que marxen en sentit directe o invers segons la línia que recorre l'antiprotó en incidir. La massa del protó i antiprotó suposem que és d'1 GeV cada una.

- (a) Quines són les energies que tenen els fotons?
- (b) En quina direcció marxen cadascun dels fotons?
- (c) Quina energia té cada un dels fotons mesurada en el sistema de referència fix a l'antiprotó \bar{p} incident?

Solució

(a) i (b)

En aplicar al procés el principi de conservació de l'impuls energia s'obté,

$$(2/3+1+1, 4/3)_{\text{Total abans}} = (E_{\gamma_1} + E_{\gamma_2}, (pc)_{\gamma_1} + (pc)_{\gamma_2})_{\text{Total després}}$$

on i $(\bar{p}c)_p = \sqrt{\left(\frac{2}{3}+1\right)^2 - 1^2} = \frac{4}{3} \text{ GeV}$ és l'impuls inicial de l'antiprotó, \bar{p} . Sabem

que per a un fotó es compleix que $(pc)_f = E_f$, si substituïm aquesta condició i el supòsit de què els dos fotons es mouen en sentit directe, es troba el sistema següent:

$$\begin{aligned} 8/3 &= E_{\gamma_1} + E_{\gamma_2} \\ 4/3 &= E_{\gamma_1} + E_{\gamma_2} \end{aligned}$$

Aquest sistema, però, no té solució. Pel contrari si suposem que el fotons creats tenen els sentit de la figura,

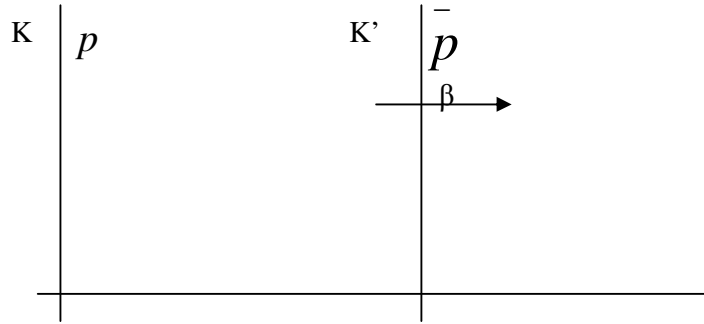


El sistema que resulta és

$$\begin{aligned} 8/3 &= E_{\gamma_1} + E_{\gamma_2} \\ 4/3 &= -E_{\gamma_1} + E_{\gamma_2} \end{aligned}$$

Per tant les energies dels fotons creats són $E_{\gamma_2} = 2$ GeV i $E_{\gamma_1} = 2/3$ GeV i l'impuls de cada fotó $(pc)_{\gamma_1} = -2/3$ GeV i $(pc)_{\gamma_2} = 2$ GeV.

(c)



Com que l'energia cinètica de l'antiprotó és coneguda $E_c = 2/3 \text{ GeV}$ i també $mc^2 = 1 \text{ GeV}$, i $E_c = (\gamma - 1)mc^2$, aleshores $\gamma = 5/3$ i $\beta = 4/5$. Amb les lleis de les transformacions d'energia i impuls de Lorentz Einstein podem trobar els valors de l'energia dels fotons en el sistema de referència fix a l'antiprotó,

$$E'_{\gamma 1} = \gamma (E_{\gamma 1} - \beta(pc)_{\gamma 1})$$

$$E'_{\gamma 2} = \gamma (E_{\gamma 2} - \beta(pc)_{\gamma 2})$$

En substituir els valors anteriors es troba que $E'_{\gamma 1} = 2 \text{ GeV}$ i $E'_{\gamma 2} = 2/3 \text{ GeV}$, és a dir, els valors estan intercanviat respecte de l'apartat (a).