

# Relatividad Especial

## Cinemática Relativista

### Ejercicio 1:

Sea un fotón que choca con un electrón en reposo de masa  $m_e$ . Derivar la expresión que relaciona la energía final del fotón,  $E_f$ , con su energía inicial  $E_i$  y el ángulo de dispersión  $\theta$ .

### Ejercicio 2:

Un pión  $\pi^+$  ( $m_\pi \simeq 140 \text{ MeV}/c^2$ ) que se mueve con velocidad  $\mathbf{v}$  se desintegra en un muón  $\mu^+$  ( $m_\mu \simeq 106 \text{ MeV}/c^2$ ) y un neutrino muónico  $\nu_\mu$  ( $m_\nu \simeq 0$ ). Se instala un detector de neutrinos formando un ángulo  $\theta$  con la dirección de movimiento del pión. Cúal es la velocidad del pión que hace que la energía del neutrino  $E_\nu$  sea máxima.

### Ejercicio 3:

Considerar la reacción:  $\gamma + p^+ \rightarrow p^+ + \pi^0$ , donde  $m_\pi \simeq 0.139 \text{ GeV}/c^2$ ,  $m_p \simeq 0.938 \text{ GeV}/c^2$ .

- Si el protón está en reposo, encontrar la energía mínima (umbral) del fotón necesaria para iniciar la reacción.
- La radiación cósmica del fondo de microondas (CMBR) sigue el espectro de un cuerpo negro a temperatura  $T \simeq 2.72 \text{ K}$ , con una energía media por fotón de  $E_\gamma \simeq 10^{-3} \text{ eV}$ . Considerar el choque entre un protón y un fotón del CMBR. Encontrar la energía mínima del protón para que se de la reacción.

### Ejercicio 4:

- Calcular el momento de los piones  $\pi^+$  que tienen la misma velocidad que un protón de momento  $p_p = 400 \text{ GeV}/c$ . ( $m_\pi \simeq 0.14 \text{ GeV}/c^2$ ,  $m_p \simeq 0.94 \text{ GeV}/c^2$ ).
- Los piones atraviesan un tubo de desintegración de 400 m de longitud donde alguno de ellos se desintegra en un muón  $\mu^+$  y un neutrino  $\nu_\mu$ . ¿Qué fracción se desintegra?
- Cuál es la longitud del tubo de desintegración observada en el sistema de los piones.
- Mostrar que el momento de los productos de desintegración en el sistema de los piones viene dado por:

$$\frac{q}{c} = \frac{m_\pi^2 - m_\mu^2}{2m_\pi}$$

- El detector de los neutrinos está situado aproximadamente a unos 1.2 km. Cuál tiene que ser la sección transversal del detector para poder detectar todos los neutrinos emitidos hacia adelante en el sistema de los piones.

### Ejercicio 5:

En una cámara de burbujas se observa la creación de un par  $e^+e^-$  a partir de un fotón. Demostrar que este proceso es imposible en el vacío, y que se necesita la presencia de otro

cuerpo, por ejemplo un núcleo de masa  $M \gg m_e$ . Cúal es la energía mínima que debe tener el fotón para que se observe el proceso.

**Ejercicio 6:**

Una partícula de masa  $m$  y energía  $E_0$  viaja con velocidad  $V$ , y choca con otra partícula en reposo de la misma masa. Se observa que después del choque tienen la misma energía y se mueven formando un ángulo  $\theta$ .

- a) Determinar  $\theta$  en función de  $m$  y  $E_0$ .
- b) Encontrar  $\theta$  en el límite  $V \gg c$ , y  $V \ll c$ .