

PAU Comunidad Valenciana

FÍSICA
Junio 2024

Problema 4

Teoría de la relatividad



Física del Siglo XX

Los muones son partículas elementales, con carga eléctrica negativa, que se forman en las partes altas de la atmósfera y se mueven a velocidades relativistas hacia la superficie de la Tierra. Un muon se forma a 9000 m de altura sobre la superficie de la Tierra y desciende verticalmente con una velocidad $v = 0,9978 c$. Calcula razonadamente:

a) La energía en reposo y la energía total del muon en electronvoltios.

Datos: velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s; masa (en reposo) del muon, $m = 1,8 \cdot 10^{-28}$ kg; carga elemental, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Solución: La energía en reposo de una partícula es: $E_0 = m_0 \cdot c^2 = 1,8 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,62 \cdot 10^{-11}$ J

Se convierte a eV mediante un factor de conversión: $1,62 \cdot 10^{-11} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = \mathbf{1,0125 \cdot 10^8 \text{ eV}}$

Para poder calcular la energía total del muon en movimiento se debe calcular el factor de Lorentz.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,9978c}{c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,9978^2}} = 15,084$$

La energía total de la partícula es: $E = \gamma \cdot E_0 = 15,084 \cdot 1,0125 \cdot 10^8 = \mathbf{1,5273 \cdot 10^9 \text{ eV}}$

La energía en reposo de una partícula es: $\mathbf{1,0125 \cdot 10^8 \text{ eV}}$

La energía total de la partícula es: $\mathbf{1,5273 \cdot 10^9 \text{ eV}}$

Física del Siglo XX

b) El intervalo de tiempo que tarda dicho muon en alcanzar la superficie, medido en un sistema de referencia ligado a la Tierra y medido en un sistema de referencia que viaje con el muon.

Respecto del sistema de referencia ligado a la Tierra, puesto que conocemos su velocidad y la distancia que debe recorrer, aplicamos la fórmula no relativista. Este es el tiempo que nosotros mediríamos.

$$e = v \cdot t \longrightarrow t = \frac{e}{v} = \frac{9000}{0,9978 \cdot 3 \cdot 10^8} = 3,01 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

Respecto del sistema de referencia ligado al muon, dado que se desplaza con una velocidad relativista, en su sistema de referencia habrá transcurrido menos tiempo. El tiempo se “dilata” y transcurre más lentamente.

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_p \longrightarrow \Delta t_p = \frac{\Delta t}{\gamma} = \frac{3,01 \cdot 10^{-5}}{15,084} = 1,99 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

El intervalo de tiempo que tarda el muon en alcanzar la superficie, medido en un sistema de referencia ligado a la Tierra es: $3,01 \cdot 10^{-5} \text{ s}$

El intervalo de tiempo que tarda el muon en alcanzar la superficie, medido en un sistema de referencia ligado al muon es: $1,99 \cdot 10^{-6} \text{ s}$