

PROBLEMA

Un muone è una particella che, a riposo, decade dopo un tempo di vita media di circa $2,15 \mu\text{s}$; la stessa particella in moto rispetto alla Terra a velocità molto elevata, percorre $6,4 \text{ km}$ nel riferimento terrestre prima di decadere. Considerando i due eventi: A = creazione della particella; B = decadimento della particella, rispondere alle seguenti domande:

- 1) Qual è la separazione temporale tra i due eventi nel sistema della particella?
- 2) Qual è la separazione temporale tra i due eventi nel sistema della Terra?
- 3) Qual è la separazione spaziale tra i due eventi nel sistema della particella?
- 4) Qual è la separazione spaziale tra i due eventi nel sistema della Terra?
- 5) Con quale velocità si muove la particella rispetto alla Terra?
- 6) Quale distanza (nell'atmosfera terrestre) 'ritiene' di aver percorso la particella?

Risoluzione

<u>Sistema solidale con la particella</u>			<u>Sistema terrestre</u>	
$\Delta s' = 0$	(3)		$\Delta s = 6,4 \cdot 10^3 \text{ m}$	(4)
$\Delta t' = 2,15 \mu\text{s}$	(1)		$\Delta t = ?$	

$$c^2 \Delta t^2 - \Delta s^2 = c^2 \Delta t'^2$$

$$\Delta t^2 = \frac{c^2 \Delta t'^2 + \Delta s^2}{c^2} = \Delta t'^2 + \frac{\Delta s^2}{c^2} = 459,73 \cdot 10^{-12} \text{ s}^2$$

$$\Delta t = 21,4 \cdot 10^{-6} \text{ s} \quad (2)$$

La velocità nel sistema di riferimento terrestre è data da $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

$$\text{Quindi } v = \frac{6,4 \cdot 10^3}{21,4 \cdot 10^{-6}} \cong 2,985 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad (5)$$

Secondo il sistema della particella è la Terra che le viene incontro con velocità

$\bar{v} = -2,985 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; quindi la distanza di $6,4 \cdot 10^3 \text{ m}$ è vista contratta dalla particella di un fattore

pari a γ , cioè:

$$d = 6,4 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{2,985}{3}\right)^2} \cong 642 \text{ m} \quad (6)$$

Per controllo, dividendo tale distanza per la velocità con cui la Terra si muove incontro alla particella, si dovrebbe ottenere il tempo di vita proprio della particella. Infatti si ottiene:

$$\Delta t' = \frac{d}{v} \cong 2,15 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

Osservazione

L'esercizio proposto rappresenta una conferma della:

- dilatazione relativistica del tempo, in quanto il tempo di decadimento della particella misurato da un osservatore nel sistema del laboratorio è più grande del tempo proprio di decadimento valutato da un orologio situato nel sistema della particella stessa;
- contrazione relativistica delle lunghezze, in quanto la distanza percorsa dal mesone nel tempo proprio di decadimento misurato nel suo sistema di riferimento è più piccola della distanza misurata nel sistema del laboratorio quando la particella si sposta con la velocità assegnata.

Inoltre viene dimostrato come per effetto delle misure relativistiche delle lunghezze, il tempo impiegato dal mesone per percorrere la distanza di 6,4 km nel riferimento terrestre, corrisponda esattamente alla vita media della particella misurata nel sistema di riferimento solidale con il mesone.