Baccalauréat S Physique-Chimie Pondichéry 2013 (extrait).

Bac Panther

Les muons.

Extrait du texte introductif :

Les muons sont des particules élémentaires voisines de l'électron mais beaucoup plus massives. Ceux qui sont observés au niveau du sol sont créés dans la haute atmosphère à ***20 km*** *d'altitude,…*

*Ils voyagent à une vitesse de valeur très élevée (****v = 0,9997c****). Pour un observateur terrestre,* ***67 µs*** *sont nécessaires aux muons pour traverser l'atmosphère et atteindre le sol.*

Or, les muons sont très instables et diverses expériences ont montré que leur durée de vie propre n'est que Δt_0 ***= 2,2 µs.*** *Cette durée de vie est donc a priori insuffisante pour leur permettre d'atteindre la surface de la Terre…*

$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0$ avec $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

3.1. Expliquer pourquoi les muons sont des particules relativistes.

3.2. Expliquer par un raisonnement quantitatif pourquoi des muons issus des rayons cosmiques peuvent être observés au niveau du sol terrestre.

Chemin de résolution
$\Delta t_0 \xrightarrow[\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}]{\Delta t = \gamma \,.\, \Delta t_0} \Delta t$

3.1. Les muons sont des particules relativistes car leur vitesse est très proche de celle de la lumière v = 0,997c.

3.2. Calculons la durée de vie Δt du muon relativiste se déplaçant à la vitesse v = 0,997c.

$\Delta t = \gamma \,.\, \Delta t_0$ or $\gamma = \left(\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right)^{-1}$ alors $\Delta t = \left(\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right)^{-1} . \Delta t_0$

$\Delta t = \left(\sqrt{1-\frac{(0{,}9997c)^2}{c^2}}\right)^{-1} \times 2{,}2 \times 10^{-6} = \left(\sqrt{1-(0{,}9997)^2}\right)^{-1} \times 2{,}2 \times 10^{-6} = 9{,}0 \times 10^{-5}$ s soit 90 μs

Ils ont donc largement le temps d'atteindre la surface terrestre car $\Delta t > \Delta t_0$

Attention : Δt est toujours supérieur à Δt_0

Astuce : Δt est appelé temps impropre : mesuré par une horloge liée à la Terre.
Δt_0 est appelé temps propre : mesuré par une horloge liée au muon en mouvement mais au repos par rapport à lui.
L'astuce est de toujours prendre l'objet en mouvement pour définir le temps propre.