DM1 : Désintégration des muons atmosphériques

Gabriel PEREIRA DE CARVALHO

Dernière modification 26 novembre 2023

> **1.** La vitesse des muons cosmiques étant égale à $v \approx 0.995c$ dans le vide, calculer leur libre parcours moyen.

En utilisant la durée de vie propres des muons, on calcule le libre parcours moyen dans le réferentiel du muon. On a $L_{impropre} = v\tau_p = 656,7\text{m}$.

> **2.**Des muons, produits dans les hautes couches de l'atmosphère, à $\sim$ 10 km d'altitude, sont détectés au niveau de la mer. Montrer que ce fait ne peut s'expliquer qu'en invoquant la relativité restreinte, en justifiant votre réponse.

En utilisant la cinématique classique, le temps de chute est $\Delta t = \frac{10\text{km}}{v} = 3.35 \times 10^{-5}s > \tau_p$. Donc, ce ne serait pas possible des détecter ces muons au niveau de la mer car ils seraient déjà désintégrés.

Alors, en invoquant la relativité restreinte, considérons deux réferentiels : un referentiel sur terre et le referentiel du muon. Le facteur de Lorentz est $\gamma \approx 10$. On s'intéresse à deux évenements. **E1**, la création du muon et **E2** sa désintégration. On observe que dans le referentiel du muon, la mésure de temps entre E1 et E2 est propre, cependant la mésure de longueur de la chute est impropre.

Explication 1 : Dilation du temps

Dans le referentiel des muons, la mésure du temps de la chute est plus grande $\Delta t_{propre} = \frac{3.35 \times 10^{-5}s}{\gamma} = 3.35 \times 10^{-6}s < \tau_p$.

Explication 2 : Contraction des longueurs

Dans le referentiel des muons, la mésure de la longueur de la chute est plus courte $L_{impropre} = \frac{10\text{km}}{\gamma} = 1\text{km}$. Donc, dans le referentiel des muons, on a le temps de chute $\Delta t = \frac{L_{impropre}}{v} = 3.35 \times 10^{-6}s < \tau_p$.

Conclusion

On en conclue que le temps de la chute dans le referentiel du muon est le même pour ces deux interprétations et $< \tau_p$. Donc, le muon peut êtré detécté au niveau de la mer.

3. Effecteur un raisonnement identique pour les pions, dont la vitesse est égale à 0.99995 fois la vitesse de la lumière, et la durée de vie de $2,6 \times 10^{-8}$s, et indiquer sur quelle distance ils peuvent être détectés au sein des détecteurs de particules.

Analogiquement, considérons deux réferentiels : un referentiel sur terre et le referentiel du pion. Le facteur de Lorentz est $\tilde{\gamma} \approx 100$.

Explication 1 : Dilation du temps

On considére le cas limite où $tau_{pion} = \Delta t_{propre}$, le temps de la chute dans le referentiel du pion. On a $\Delta t_{propre} = \frac{\Delta t_{impropre}}{\tilde{\gamma}} = \frac{L_{propre}}{\tilde{\gamma} v} \implies L_{propre} = \tilde{\gamma} v \tau_{pion}$.

Explication 2 : Contraction des longueurs

Dans le referentiel du pion, la mésure de la longueur de la chute est $L_{impropre} = \frac{L_{propre}}{\tilde{\gamma}}$. Donc, dans le cas limite où $\tau_{pion} = \Delta t_{chute}$ on a $L_{propre} = \tilde{\gamma} v \tau_{pion}$.

On en conclue, pour les deux explications, que la hauteur maximale où on arrive à détecter le pion est $L_{propre} = 779,961$m.