EXERCICES CORRIGES. Ch.8. p : 219 n° 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10. TEMPS ET RELATIVITE RESTREINTE

QU'EST-CE QUE L'INVARIANCE DE LA VITESSE DE LA LUMIERE DANS LE VIDE ?

p : 219 n°5 : Connaître l'invariance de la vitesse de la lumière dans le vide

1. Énoncer le postulat sur l'invariance de la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide.
2. Quel est le premier physicien à l'avoir énoncé ?

1. On postule que la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide est la même dans tout référentiel galiléen.
2. Le premier physicien à l'avoir énoncé est A. Einstein.

p : 219 n°6 : Connaître la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide

1. Avec trois chiffres significatifs, rappeler la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide.
2. La valeur de cette vitesse est-elle aujourd'hui connue de façon exacte ?

1. La valeur de la vitesse de la lumière dans le vide, avec trois chiffres significatifs, est égale à $3{,}00 \times 10^8$ m $\cdot s^{-1}$.
2. La valeur de la vitesse de la lumière dans le vide est aujourd'hui connue de façon exacte.
   Elle est fixée à $2{,}997\,924\,58 \times 10^8$ m $\cdot s^{-1}$.

QU'EST-CE QUE LA RELATIVITE RESTREINTE ?

p : 219 n°7 : Attribuer les principes.

Compléter le texte avec les termes suivants : absolu(e), relatif(ve), invariant(e), Isaac NEWTON et Albert EINSTEIN.

a. En mécanique classique, le temps est absolu et la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide est relative. C'est la mécanique d' ***Isaac Newton.***

b. En relativité restreinte, le temps est relatif et la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide est absolue. C'est la mécanique d' *Albert Einstein.*

p : 219 n°8 : Comprendre la relation entre durée propre et durée mesurée.

La durée mesurée ΔT' entre deux événements est reliée à la durée propre ΔTo par : ΔT' = γ. ΔTo où $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ avec v la valeur de la vitesse relative des deux horloges qui mesurent ΔT' et ΔTo.

1. Dans quels référentiels galiléens ces durées sont-elles mesurées ?

La durée propre ΔT_0 est mesurée par une horloge fixe dans un référentiel galiléen (R) et telle que les événements se déroulent au même endroit et à proximité de cette horloge.
La durée mesurée $\Delta T'$ est mesurée par des horloges fixes et synchronisées dans un référentiel galiléen (R').
Les deux référentiels et, par conséquent, les horloges sont en mouvement relatif l'un par rapport à l'autre.
Dans (R'), les deux événements ne se produisent pas au même endroit.

2. Montrer que γ est supérieur ou égal à un.

Puisque v et c sont positifs et que v < c, le rapport v/c et son carré sont compris entre 0 et 1. Donc $1-\frac{v^2}{c^2}$ est donc compris entre 0 et 1 ainsi que sa racine carrée. Enfin, l'inverse d'un nombre compris entre 0 et 1 est supérieur à 1. γ est donc supérieur à 1.

3. En mécanique relativiste, on parle de dilatation de durées. Justifier cette expression.

L'observateur en mouvement par rapport aux événements mesure une durée $\Delta T'$ supérieure à la durée propre ΔT_0 puisque γ > 1. On parle ainsi de durée dilatée mesurée par cet observateur.

p : 219 n°9 : Étudier un électron dans le tube cathodique d'un téléviseur.

L'étude d'un électron dans le tube cathodique d'un ancien modèle de téléviseur a montré que le coefficient γ qui lui est associé dans un référentiel terrestre supposé galiléen est égal à 1,05. 1. Exprimer la valeur v de la vitesse de déplacement de l'électron dans ce référentiel terrestre.

2. Calculer sa valeur. Le coefficient γ est donné par la relation : où $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ avec c = $2{,}997\,924\,58 \times 10^8$ m .s^{-1}.

1. De la formule de γ, on peut tirer v : $\gamma^2 = \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}$ soit $\gamma^2\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right) = 1$ soit $1-\frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{\gamma^2}$ soit $\frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{1}{\gamma^2}$ ⇔ $\boxed{v = c\sqrt{1-\frac{1}{\gamma^2}}}$

2. A.N. : v = $2{,}99\,792\,458 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{1-\frac{1}{1{,}05^2}}$ = **$9{,}14 \cdot 10^7$ m.s^{-1}.** C'est la valeur de la vitesse de déplacement de l'électron dans un référentiel terrestre.

p : 219 n°10 : Exploiter le coefficient γ

On imagine que, dans un futur lointain, un astronaute puisse se déplacer suivant une trajectoire rectiligne à une vitesse de valeur constante par rapport à la Terre égale à 0,80 x c.
Le référentiel lié à l'astronaute est supposé galiléen. On considère deux événements se déroulant au même endroit sur Terre.
La durée propre ΔTo séparant ces deux événements est mesurée par une horloge liée à la Terre et proche du lieu où se déroulent ces événements.

1. De quel coefficient γ la durée ΔT'entre ces deux événements mesurée par l'astronaute est-elle allongée par rapport à la durée propre relevée sur Terre ?

1. L'astronaute en mouvement par rapport à la Terre ne peut pas être proche des deux événements. La durée séparant les deux événements est donc, pour l'astronaute, une durée mesurée.

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{0{,}80^2 . c^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-0{,}80^2}} = 1{,}7$ La durée mesurée $\Delta T'$ par l'astronaute est égale à 1,7 fois la durée propre ΔT_0.

2. Quelle devrait être la valeur de la vitesse de l'astronaute par rapport à la Terre pour que la durée qu'il mesure soit le double par rapport à la durée propre sur Terre ? Donnée : Les durées propre ΔTo et mesurée ΔT' sont reliées par ΔT' = γ.ΔTo où : $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ avec v la valeur de la vitesse relative des deux horloges qui mesurent ΔT' et ΔTo.

Lorsque la durée mesurée est doublée par rapport à la durée propre, γ = 2. De la formule de γ, on peut tirer v : : $\gamma^2 = \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}$ soit $\gamma^2\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right) = 1$ soit

$1-\frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{\gamma^2}$ soit $\frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{1}{\gamma^2}$ ⇔ $\boxed{v = c\sqrt{1-\frac{1}{\gamma^2}}}$ Avec γ = 2, on a : v = c . $\sqrt{1-\frac{1}{2^2}}$ = c. $\sqrt{0{,}75}$ = **0,87 . c** soit $\boxed{v = 0{,}87.c}$

L'astronaute doit se déplacer à une vitesse de valeur *v* = 0,87 x c pour que la durée qu'il mesure entre deux événements soit doublée par rapport à la durée propre sur Terre.