Exercices de Physique 12
Relativité

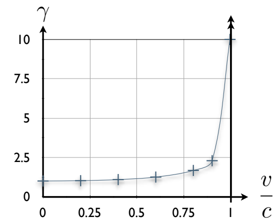
N°17 p. 221 Relativité es-tu là ?

1. Applications numériques pour les valeurs manquantes :

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-0,600^2}} = 1,25$$
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-0,900^2}} = 2,29$$

$\frac{v}{c}$	0	0,200	0,400	0,600	0,800	0,900	0,995
γ	1	1,02	1,09	1,25	1,67	2,29	10,0

2. Représentation graphique de γ en fonction de $\frac{v}{c}$:



Asymptote verticale en $\frac{v}{c} = 1$

3. $v = 1\,228 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 1\,228 \times \frac{1\,000}{3\,600} = 341,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$$\Rightarrow \frac{v}{c} = \frac{341,1}{2,998\times 10^8} = 1,138\times 10^{-6}$$

$\Rightarrow \frac{v}{c} \ll 1 \quad \Rightarrow \gamma \simeq 1 \quad \Leftrightarrow$ Étude classique, relativité superflue

4.a. $\Delta T' = \gamma \Delta T_0$

Une augmentation de 10 % des durées correspond à une multiplication par 1,10 :

$$\Delta T' = \Delta T_0 + 10\,\%\Delta T_0 = 1,10 \times \Delta T_0$$
$$\Rightarrow \gamma = 1,10$$

4.b. Solution simple : lecture dans le tableau :

$$\gamma = 1,09 \Rightarrow \frac{v}{c} = 0,400$$
$$\Rightarrow v = 0,400\times c$$
$$\Rightarrow v = 0,400\times 3,00\times 10^8$$
$$v = 1,20\times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$
$$v = 1,2\times 10^5 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$$

Solution exacte : $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Leftrightarrow \frac{v}{c} = \sqrt{1-\frac{1}{\gamma^2}}$

$$\Rightarrow \frac{v}{c} = \sqrt{1-\frac{1}{1,10^2}} = 0,417$$
$$\Rightarrow v = 0,417\times c$$
$$\Rightarrow v = 0,417\times 3,00\times 10^8$$
$$v = 1,25\times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$
$$v = 1,25\times 10^5 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$$

5. Les effets relativistes ne se manifestent que pour des vitesses élevées, ou lorsque la précision des horloges est très grande (ou encore lorsque l'on se trouve dans un champ gravitationnel très intense).

N°18 p. 222 Expérience de Bertozzi

1.a. Analyse dimensionnelle : $[v_c] = \frac{\text{C}^{\frac{1}{2}}\cdot\text{V}^{\frac{1}{2}}}{\text{kg}^{\frac{1}{2}}}$

Travail de la force électrique :

$$W(\vec{F}) = \vec{F}\cdot\overrightarrow{\text{AB}} = qU = -eU$$

donc : $\left[W(\vec{F})\right] = \text{J} = \text{C}\cdot\text{V}$

Énergie cinétique :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

donc : $[E_c] = \text{J} = \text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$

Finalement :

$\text{C}\cdot\text{V} = \text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2} \Rightarrow \text{C}^{\frac{1}{2}}\cdot\text{V}^{\frac{1}{2}} = \text{kg}^{\frac{1}{2}}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

$$\Rightarrow [v_c] = \frac{\text{kg}^{\frac{1}{2}}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{\text{kg}^{\frac{1}{2}}}$$
$$\Rightarrow [v_c] = \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

i.e., la formule est bien homogène.

1.b. Détail d'un calcul :

$$v_c = \sqrt{\frac{2\times 1,60\times 10^{-19}\times 1,00\times 10^2}{9,11\times 10^{-31}}} = 5,93\times 10^6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

U (V)	v_c ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
$1,00\times 10^2$	$5,93\times 10^6$
$1,00\times 10^3$	$1,87\times 10^7$
$1,00\times 10^4$	$5,93\times 10^7$
$1,00\times 10^5$	$1,87\times 10^8$
$1,00\times 10^6$	$5,93\times 10^8$
$1,00\times 10^7$	$1,87\times 10^9$

2. Les premières valeurs sont en parfait accord (pour les vitesses faibles), et ensuite l'écart entre théorie classique et expérience est de plus en plus grand (pour les vitesses proche de *c*).

3. Vitesse limite : vitesse de la lumière dans le vide, soit :

$$c = 3,00\times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Vitesse atteinte *asymptotiquement*, on constate que les électrons atteignent ici $v = 2,99\times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ sous une tension accélératrice $U = 10,0$ MV.

4. Non. On se fixe la limite $v < \frac{c}{10}$ pour la mécanique classique.

N°24 p. 225 Le test des pions

1. La source de photons gamma sont les pions neutre π_0.

2. Cette source se déplace dans (R) à la vitesse de :

$$0,99975\cdot c$$

3.a. Photons émis dans le même sens, dans une direction colinéaire : simple addition :

$$\xrightarrow{\vec{v}_{\text{source/Terre}}}\xrightarrow{\vec{v}_{\text{photon/source}}}$$

$$v_{\text{photon/Terre}} = v_{\text{photon/source}} + v_{\text{source/Terre}}$$
$$v_{\text{photon/Terre}} = c + 0,99975\cdot c = 1,99975\cdot c$$

3.b. Photons émis dans le sens opposé, direction toujours colinéaire : simple soustraction :

$$\xrightarrow{\vec{v}_{\text{source/Terre}}}$$
$$\xleftarrow[\vec{v}_{\text{photon/source}}]{}$$

$$v_{\text{photon/Terre}} = v_{\text{photon/source}} + v_{\text{source/Terre}}$$
$$v_{\text{photon/Terre}} = c - 0,99975\cdot c = 0,00025\cdot c$$

4.a. ALVÄGER obtient la valeur suivante : $c \pm 0,00001\cdot c$

La composition des vitesses galiléenne est mise en défaut.

4.b. Non, cette expérience n'infirme pas la théorie de la relativité, au contraire, elle la confirme.

N°26 p. 225 Énergie relativiste

1. On remplace l'expression de la quantité de mouvement (ou impulsion $\vec{p}$) dans l'expression proposée :

$$\mathcal{E}^2 = \gamma^2 m^2 v^2 c^2 + m^2 c^4$$
$$\mathcal{E}^2 = \gamma^2 m^2 c^4 \left(\frac{v^2}{c^2} + \frac{1}{\gamma^2}\right)$$
$$\mathcal{E}^2 = \gamma^2 m^2 c^4 \left(\frac{v^2}{c^2} + + \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\right)$$
$$\mathcal{E}^2 = \gamma^2 m^2 c^4$$
$$\boxed{\mathcal{E} = \gamma m c^2}$$

2. $\mathcal{E} = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_0 \Leftrightarrow \mathcal{E}_c = \mathcal{E} - \mathcal{E}_0$