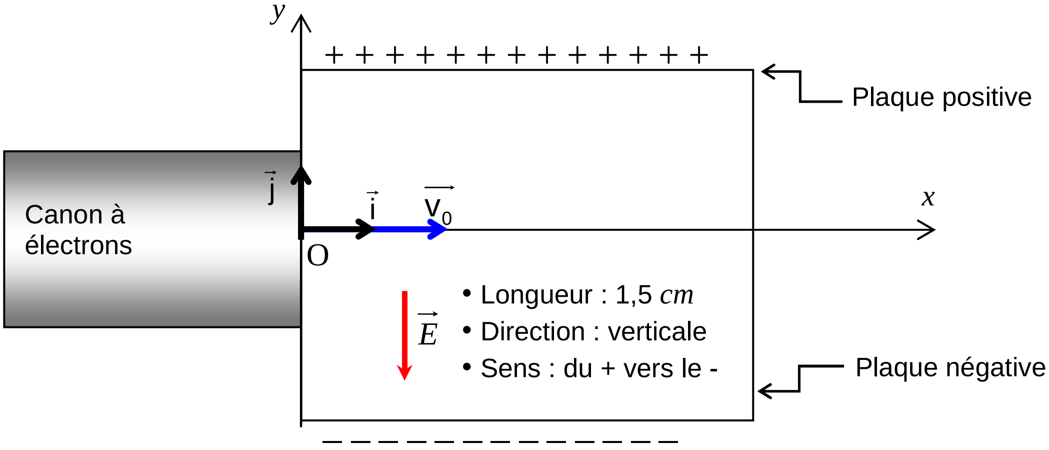
Correction du contrôle n°4 – 2018

Exercice 1 : Découverte de l'électron

1.1. Représentation du vecteur champ électrostatique :



1.2. L'interaction électromagnétique est telle que les charges électriques de même signe se repoussent alors que les charges de signe contraire s'attirent. Donc si le faisceau d'électrons est attiré par l'armature positive, c'est que les particules qui le composent sont de signe contraire, c'est-à-dire négatif.

1.3. On a :

$$\overrightarrow{F_{él}} = q\vec{E}$$

$$\Leftrightarrow \quad \overrightarrow{F_{él}} = -e\vec{E} \text{ car } q_{electron} = -e$$

On en déduit que :

$$\begin{pmatrix} F_{él}x \\ F_{él}y \end{pmatrix} = -e \begin{pmatrix} 0 \\ -E \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \quad \overrightarrow{F_{él}} \begin{pmatrix} 0 \\ eE \end{pmatrix}$$

2.1. D'après la deuxième loi de Newton on a :

$$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\Leftrightarrow \quad \overrightarrow{F_{él}} = m\vec{a} \text{ car le tube étant vide, pas de force liée à l'air et poids négligeable.}$$

$$\Leftrightarrow \quad \begin{pmatrix} 0 \\ eE \end{pmatrix} = m \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \quad \vec{a} \begin{pmatrix} 0 \\ \dfrac{eE}{m} \end{pmatrix} \; cqfd$$

2.2. On intègre pour trouver les coordonnées du vecteur vitesse : $\vec{v} \begin{pmatrix} cste \\ \dfrac{eE}{m} \times t + cste' \end{pmatrix}$

Ainsi, à l'origine du temps, le vecteur vitesse devient : $\vec{v}(t=0) \begin{pmatrix} cste \\ cste' \end{pmatrix}$

Or, d'après le schéma de l'énoncé : $\vec{v}(t=0) = \overrightarrow{v_0} = \begin{pmatrix} v_0 \\ 0 \end{pmatrix}$

D'où, par identification :

$$cste = v_0$$

$$cste' = 0$$

Et donc : $\vec{v} \begin{pmatrix} v_0 \\ \dfrac{eE}{m} \times t \end{pmatrix}$

Pour trouver les équations horaires de la position, on intègre à présent le vecteur vitesse :

$$\overrightarrow{OM}\begin{pmatrix} v_0 t + cste \\ \dfrac{eE}{2m}\times t^2 + cste' \end{pmatrix}$$

Or, à l'origine du temps, l'électron se trouvant en O (0 ; 0), on a donc :

$$x(t) = v_0 t$$

$$y(t) = \frac{eE}{2m}\times t^2$$

Ainsi, l'équation de la trajectoire est :

$$t = \frac{x}{v_0}$$

$$y(x) = \frac{eE}{2m}\times\left(\frac{x}{v_0}\right)^2 = \frac{eE}{2mv_0^{\ 2}}\cdot x^2$$

2.3. Comme au point d'abscisse $x = L$, l'ordonnée vaut h, on peut donc écrire :

$$h = \frac{eE}{2mv_0^{\ 2}}\cdot L^2$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{e}{m} = \frac{2hv_0^{\ 2}}{EL^2}$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{e}{m} = \frac{2\times 1{,}85\cdot 10^{-2}\times\left(2{,}27\cdot 10^7\right)^2}{15{,}0\cdot 10^3\times\left(8{,}50\cdot 10^{-2}\right)^2} = 1{,}76\cdot 10^{11}\ C\cdot kg^{-1}$$

Question bonus :

$U\left(\frac{e}{m}\right) = 6\cdot 10^9\ C\cdot kg^{-1}$ d'où : $\frac{e}{m} = \left(1{,}76\pm 0{,}06\right)\cdot 10^{11}\ C\cdot kg^{-1}$

<u>Exercice 2 :</u> Décollage d'une fusée

1.1. C'est un référentiel dans lequel le principe de l'inertie (première loi de Newton) est vérifié.

1.2. Comme la fusée est initialement immobile, d'après la première loi de Newton (principe de l'inertie) elle est donc soumise à des forces qui se compensent (pseudo-isolée).

1.3. La fusée étant immobile, elle n'est soumise à aucune force de frottement. Les forces qui s'exercent sur la fusée sont donc :
- son poids
- la réaction du support
- la poussée d'Archimède de l'air

2.1. A l'instant du décollage, la vitesse de la fusée est nulle mais doit changer pour que la fusée puisse quitter le sol. Donc la vitesse ne peut pas être constante, et du coup l'accélération doit être non nulle. Ainsi, d'après la deuxième loi de Newton, les forces qui s'exercent sur la fusée ne se compensent plus et elle n'est plus pseudo-isolée.

2.2. D'après la deuxième loi de Newton : $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

$$\Leftrightarrow \quad \vec{P}+\vec{F} = m\vec{a}$$

En projetant sur l'axe vertical, on obtient :

$$-P + F = ma$$

$$\Leftrightarrow \quad a = -g + \frac{F}{m}$$

2.3. Pour obtenir la vitesse, il faut intégrer l'accélération. Donc :

$$v = a\cdot t + cste$$

Or, à l'origine du temps, la vitesse de la fusée est nulle, donc $cste$ = 0 et :

$$v = a\cdot t$$

$$\Leftrightarrow \quad v = 4{,}0\times 5{,}0 = 20\ m\cdot s^{-1}$$

En intégrant la vitesse on trouve l'altitude z de la fusée en fonction du temps :

$$z(t) = \frac{1}{2}a\cdot t^2$$

$$\Leftrightarrow \quad z(5{,}0) = \frac{1}{2}\times 4{,}0\times 5{,}0^2 = 50\ m$$

Exercice 3 : **Satellites autour de Mars**

1. On a :

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2\pi R_P}{T_P}$$

$$\Leftrightarrow \quad v = \frac{2\pi \times 9380}{7 \times 3600 + 39 \times 60} = 2{,}14\ km/s$$

2. Dans le référentiel héliocentrique la trajectoire des planètes est une ellipse dont l'un des foyers est le centre du Soleil.

3. Comme l'orbite de Phobos est un cercle, les deux foyers de l'ellipse sont confondus avec le centre du cercle.

4. On a, d'après l'énoncé : $v_P = \sqrt{\frac{GM_M}{R_P}}$

Or, on sait aussi que : $v = \frac{2\pi R_P}{T_P}$ (d'après la question 1)

Donc, par transitivité : $\sqrt{\frac{GM_M}{R_P}} = \frac{2\pi R_P}{T_P}$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{GM_M}{R_P} = \frac{4\pi^2 R_P^{\ 2}}{T_P^{\ 2}}$$

$$\Leftrightarrow \quad T_P = 2\pi\sqrt{\frac{R_P^{\ 3}}{GM_M}}$$

5. Expression du vecteur force : $\overrightarrow{F_{M/P}} = -G \cdot \frac{M_P M_M}{R_P^{\ 2}} \times \vec{u}$

6.1. On sait que : $Périastre + Apoastre = 2a$

$$\Leftrightarrow \quad Apoastre = 2a - Périastre$$

$$\Leftrightarrow \quad Apoastre = 2 \times 15{,}7 - 8{,}3 = 23\ Mm$$

6.2. D'après la troisième loi de Kepler, on peut écrire :

$$\frac{T_P^{\ 2}}{R_P^{\ 3}} = \frac{T_S^{\ 2}}{a^3}$$

$$\Leftrightarrow \quad T_S = T_P \times \sqrt{\frac{a^3}{R_P^{\ 3}}}$$

$$\Leftrightarrow \quad T_S = (7 \times 3600 + 39 \times 60) \times \sqrt{\frac{(15{,}7 \cdot 10^6)^3}{(9380 \cdot 10^3)^3}} = 5{,}96 \cdot 10^4\ s$$ soit environ 16,6 h

Exercice BONUS : **QCM** (Encercler la bonne réponse à chaque question)

a. *Johannes Kepler* fonde une nouvelle science en synthétisant ses principes fondamentaux :

❶ la physique quantique ❷ l'optique ❸ l'électromagnétisme ❹ la relativité

b. *Isaac Newton* a vécu vers :

❶ l'an 800 ❷ l'an 1000 ❸ l'an 1300 ❹ l'an 1500 ❺ l'an 1700 ❻ l'an 1900

c. L'œuvre majeur d'*Isaac Newton* se nomme :

❶ *Harmonices Mundi* ❷ *Motu corporum* ❸ *Astronomia nova* ❹ *Principia mathematica*

d. Avec qui a collaboré *Edmund Halley* lors de ces travaux sur la comète de *Halley* ?

❶ *Newton* ❷ *Galilée* ❸ *Einstein* ❹ *Copernic* ❺ *Kepler*