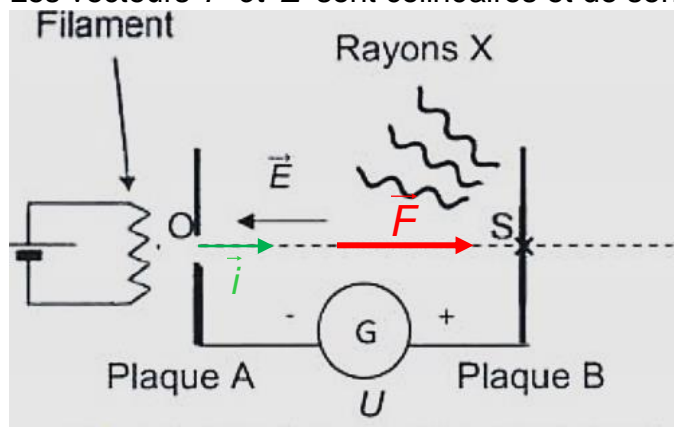


Production de rayons X

Q1. Force électrique subie par l'électron de charge $q = -e$: $\vec{F} = q\vec{E} = -e\vec{E}$.

Les vecteurs \vec{F} et \vec{E} sont colinéaires et de sens opposés :



Q2. Système {électron} de masse m .
Référentiel terrestre supposé galiléen.
Repère (O, \vec{i}) d'axe Ox horizontal orienté vers la droite.

Forces : $\vec{F} = -e\vec{E}$

Le poids de l'électron est négligé devant la force électrique.

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext.}} = m\vec{a}$ soit ici : $-e\vec{E} = m\vec{a}$ d'où : $\vec{a} = -\frac{e}{m}\vec{E}$.

Or : $\vec{E} = -E\vec{i}$ donc $\boxed{\vec{a} = \frac{eE}{m}\vec{i}}$

Q3. On a : $\vec{a} = a_x\vec{i} = \frac{dv_x}{dt}\vec{i}$ donc $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{eE}{m}$.

En primitivant : $v_x(t) = \frac{eE}{m}t + C_1$ où C_1 est une constante.

Initialement, la vitesse de l'électron est nulle $v_x(0) = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ soit $0 + C_1 = 0$.

Donc $\boxed{v_x(t) = \frac{eE}{m}t}$

Et : $\vec{v} = v_x\vec{i} = \frac{dx}{dt}\vec{i}$ donc $v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{eE}{m}t$.

En primitivant : $x(t) = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2 + C_2$ où C_2 est une constante.

Initialement, l'électron est situé à l'origine O du repère $x(0) = 0 \text{ m}$ soit $0 + C_2 = 0$.

Finalement : $\boxed{x(t) = \frac{eE}{2m}t^2}$

Q4. Au point S, l'électron a parcouru la distance $d = OS = 1,00 \text{ cm}$ à la date t_s telle que :

$d = x(t_s) = \frac{eE}{2m}t_s^2$ soit $t_s^2 = \frac{2md}{eE}$ donc, en ne conservant que la solution positive :

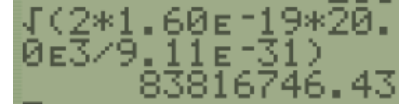
$$t_s = \sqrt{\frac{2md}{eE}}$$

On reporte l'expression de t_s dans $v_x(t)$: $v_x(t_s) = \frac{eE}{m} t_s$ soit $v_x(t_s) = \frac{eE}{m} \sqrt{\frac{2md}{eE}}$

$$v_x(t_s) = \sqrt{\frac{2md(eE)^2}{eEm^2}} = \sqrt{\frac{2deE}{m}}$$

Comme $v_s = \sqrt{v_x^2(t_s)}$ il vient : $v_s = \sqrt{\frac{2deE}{m}}$

Et $E = \frac{U}{d}$ donc $v_s = \sqrt{\frac{2deU}{md}}$ et finalement : $v_s = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$



$$v_s = \sqrt{\frac{2 \times 1,60 \times 10^{-19} \times 20,0 \times 10^3}{9,11 \times 10^{-31}}} = 8,38 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Remarque : on peut retrouver l'expression de v_s en utilisant le théorème de l'énergie cinétique entre les points O et S.

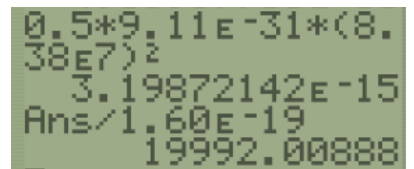
Théorème de l'énergie cinétique : $E_c(S) - E_c(O) = W_{os}(\vec{F})$ soit ici comme $E_c(O) = 0 \text{ J}$:

$$\frac{1}{2}mv_s^2 = \vec{F} \cdot \vec{OS} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_s^2 = -e\vec{E} \cdot \vec{OS} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_s^2 = -eEd \cos(180^\circ) \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_s^2 = eEd$$

$$\frac{1}{2}mv_s^2 = e \frac{U}{d} d \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_s^2 = eU \text{ donc } v_s = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

Q5. $E_{c_s} = \frac{1}{2}mv_s^2$

soit $E_{c_s} = \frac{1}{2} \times 9,11 \times 10^{-31} \times (8,38 \times 10^7)^2 \text{ J} = 3,20 \times 10^{-15} \text{ J}$



Or $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ donc $E_{c_s} = \frac{3,20 \times 10^{-15}}{1,60 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 2,00 \times 10^4 \text{ eV}$

Comme $E_{c_s} < 6,90 \times 10^4 \text{ eV}$, l'énergie cinétique de l'électron est insuffisante pour produire des rayons X.

Q6. $E_{c_s} = \frac{1}{2}mv_s^2$ et $v_s = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ donc l'énergie cinétique de l'électron est d'autant plus grande que sa vitesse est grande et donc d'autant plus grande que la tension électrique U est grande.

La tension électrique qui permettrait d'augmenter la valeur de l'énergie cinétique de l'électron est donc **$U_2 = 70 \text{ kV}$** .

Détermination de la distance entre deux molécules

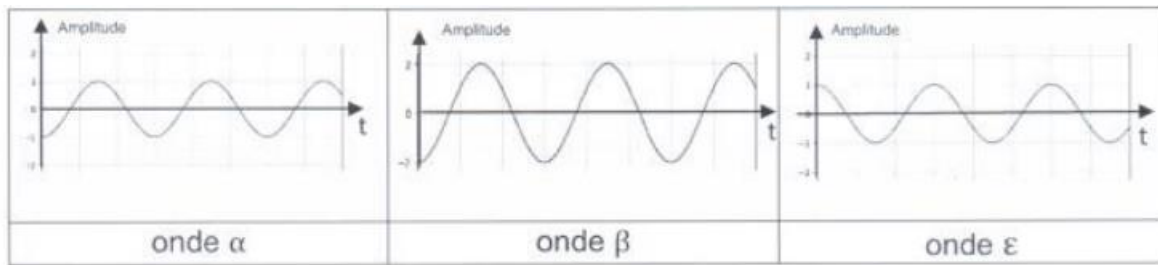


Figure 3. Graphiques représentant l'amplitude de trois ondes de même fréquence en fonction du temps.

Q7. Les interférences sont **constructives** lorsque les ondes qui interfèrent sont **en phase**. C'est les cas des **ondes α et β**.
Les interférences sont **destructives** lorsque les ondes qui interfèrent sont **en opposition de phase**. C'est les cas des **ondes α et ε** ou des **ondes β et ε**.

Q8. Les interférences sont constructives si $\delta = k \times \lambda$ avec k entier.
Pour une différence de chemin optique minimale $k = 1$ donc $\delta = \lambda$.
Par ailleurs : $\delta = 2 \cdot L \cdot \sin\theta$ donc $2 \cdot L \cdot \sin\theta = \lambda$.

D'où :
$$L = \frac{\lambda}{2 \sin\theta}$$

Avec $\lambda = 0,150 \text{ nm} = 0,150 \times 10^{-9} \text{ m}$ et $\theta = 10^\circ$, il vient :

$$L = \frac{0,150 \times 10^{-9}}{2 \times \sin(10)} \text{ m} = 4,3 \times 10^{-10} \text{ m}.$$

$$\frac{0.150 \times 10^{-9}}{2 \times \sin(10)} = 4.31907786 \times 10^{-10}$$