

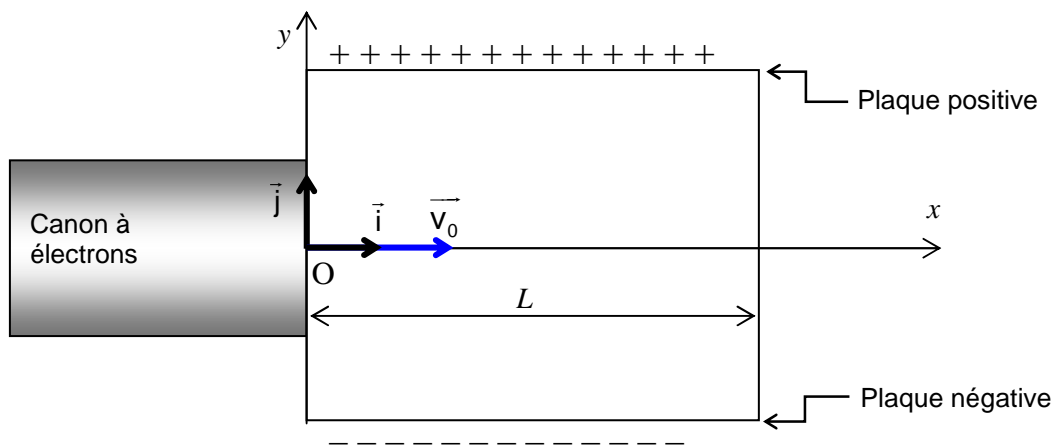
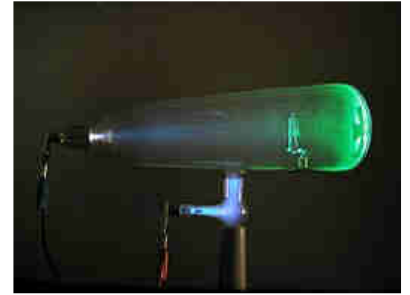
Contrôle n°4 – 2018

Exercice 1 : Découverte de l'électron (d'après Bac S Antilles 2013)

En 1897, *Joseph John Thomson* prouve expérimentalement l'existence des électrons, particules qui avaient été prédites par *George Johnstone Stoney* en 1874. Cette découverte est le résultat d'une série d'expériences sur les rayons cathodiques.

J. J. Thomson utilisa un tube à vide dans lequel une cathode émet des électrons. Ces derniers sont accélérés dans un champ électrostatique créé par des anodes de collimation. À la sortie de ces anodes, les électrons forment un faisceau étroit.

Ce faisceau passe ensuite entre deux plaques métalliques de charges opposées (schéma ci-dessous). Les électrons, soumis à un nouveau champ électrostatique, sont alors déviés de leur trajectoire et viennent frapper un écran constitué d'une couche de peinture phosphorescente. On mesure la déviation verticale du faisceau d'électrons lors de la traversée de ces plaques sur une longueur L , afin de déterminer la valeur du rapport e/m .



Données de l'expérience :

Les électrons sortent du canon à électrons avec une vitesse $v_0 = 2,27 \times 10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 0,02 \times 10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Le faisceau d'électrons passe entre les deux plaques chargées et est dévié d'une hauteur h quand il sort des plaques.

L'intensité du champ électrostatique entre les deux plaques est : $E = 15,0 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1} \pm 0,1 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$

La longueur des plaques est : $L = 8,50 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm}$

On fait l'hypothèse que le poids des électrons est négligeable par rapport à la force électrostatique.

1. Détermination du caractère négatif de la charge de l'électron :

- 1.1. Représenter sur la figure ci-dessus le vecteur correspondant au champ électrostatique E .
On prendra l'échelle suivante : $1,0 \text{ cm}$ pour $10,0 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$.
- 1.2. *J.J. Thomson* a observé une déviation du faisceau d'électrons vers la plaque métallique chargée positivement. Expliquer comment il en a déduit que les électrons sont chargés négativement.
- 1.3. Donner la relation entre le vecteur force électrostatique F_{el} subi par l'électron et le champ E .
En déduire les coordonnées de ce vecteur force.

2. Détermination du rapport e/m pour l'électron :

- 2.1. Montrer que les coordonnées du vecteur accélération de l'électron sont $a_x = 0$ et $a_y = \frac{eE}{m}$.
- 2.2. Montrer que l'équation de la trajectoire de l'électron est alors : $y = \frac{eE}{2mv_0^2} x^2$

À la sortie des plaques, en $x = L$, la déviation verticale du faisceau d'électrons par rapport à l'axe (Ox) a une valeur $h = 1,85 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm}$

- 2.3. En déduire l'expression du rapport $\frac{e}{m}$ en fonction de E , L , h et v_0 et le calculer.

Question Bonus : Calculer l'incertitude $U\left(\frac{e}{m}\right)$ de ce rapport sachant qu'il s'exprime par la formule suivante :

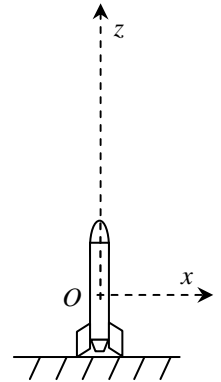
A ne traiter qu'à la fin du contrôle, s'il reste du temps.

$$U\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{e}{m} \sqrt{\left(\frac{U(h)}{h}\right)^2 + \left(\frac{U(E)}{E}\right)^2 + 4\left(\frac{U(v_0)}{v_0}\right)^2 + 4\left(\frac{U(L)}{L}\right)^2}$$

Exercice 2 : Décollage d'une fusée

Une fusée est sur le point de décoller. Sa masse m est supposée constante dans tout l'exercice. Le référentiel terrestre utilisé lors de cette étude est supposé galiléen. Avant le décollage, le centre de gravité G de la fusée est confondu avec l'origine O du repère. On prendra $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

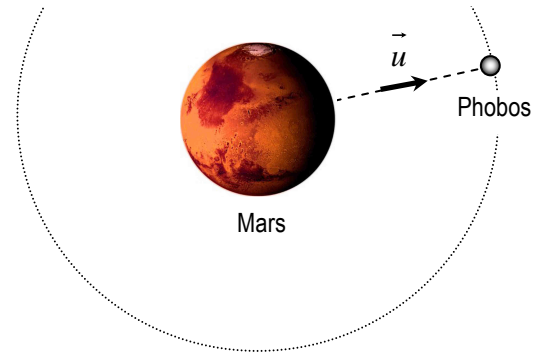
1. Avant l'allumage des réacteurs, la fusée est immobile sur son pas de tir.
 - 1.1. Rappeler la définition d'un référentiel galiléen.
 - 1.2. La fusée est-elle pseudo-isolée ? Justifier rigoureusement.
 - 1.3. Sans en négliger aucune, quelles sont les forces qui s'appliquent sur la fusée ?
2. A la date $t = 0$ la fusée allume ses réacteurs et décolle. La force de poussée des réacteurs est notée F . On négligera dans cette partie toutes les forces liées à l'air.
 - 2.1. La fusée est-elle pseudo-isolée au moment du décollage ? Justifier rigoureusement.
 - 2.2. Déterminer l'expression littérale de l'accélération de la fusée en fonction de F , m et g .
 - 2.3. En supposant que l'accélération durant les 5,0 premières secondes reste constante et égale à $4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, déterminer la vitesse et l'altitude de la fusée au bout de cette durée.



Exercice 3 : Satellites autour de Mars

Phobos est l'un des deux satellites naturels de la planète Mars. Il orbite sur une trajectoire circulaire de rayon $R_P = 9\,380 \text{ km}$ et effectue une révolution autour de Mars en $T_P = 7\text{h } 39\text{min}$. On se placera dans tout l'exercice dans le référentiel situé au centre de Mars.

1. Calculer la vitesse de révolution v_P de Phobos autour de Mars.
2. Énoncer la première loi de *Kepler*. La trajectoire de Phobos est-elle en accord avec cette loi ? Justifier.
3. Où se trouvent placés les deux foyers de l'orbite de Phobos ?
4. A partir de la formule de la vitesse indiquée dans les données, retrouver l'expression de la période orbitale T_P de Phobos en fonction de R_P , G et la masse de Mars notée M_M .
5. Donner l'expression du vecteur force exercé par Mars sur Phobos à l'aide du vecteur unitaire du schéma.



Une sonde est placée en orbite elliptique autour de Mars avec un demi-grand axe égal à $a = 15,7 \text{ Mm}$ et un périastre de $8,3 \text{ Mm}$.

- 6.1. Déterminer la distance de la sonde à son apoastre.
- 6.2. Déterminer la période de révolution T_S de la sonde autour de Mars.

Données :

- Vitesse d'un corps en orbite circulaire de rayon R autour d'un corps de masse M : $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$
- Troisième loi de *Kepler* : $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$

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 majeure 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*