

Devoir maison n° 3 : expérience de Thomson

Afin d'étudier les particules qui composent ce qu'on appelle encore les rayons cathodiques à la fin du XIX^{ème} siècle, J. J. Thomson met au point une expérience au cours de laquelle il cherche à déterminer le rapport charge/masse, noté q/m , de ces particules.

Pour cela il impose d'abord un champ électrique uniforme \vec{E}_0 puis un autre champ \vec{E} aux particules du rayon cathodique comme cela est illustré Figure 5.37. Il observe alors la trajectoire des particules soumises à ces champs.

Puis il répète l'expérience en imposant un champ magnétique \vec{B} dans la même zone que le champ électrique \vec{E} . La valeur, l'orientation et le sens du champ \vec{B} sont réglés par Thomson afin que les particules aient une trajectoire rectiligne.

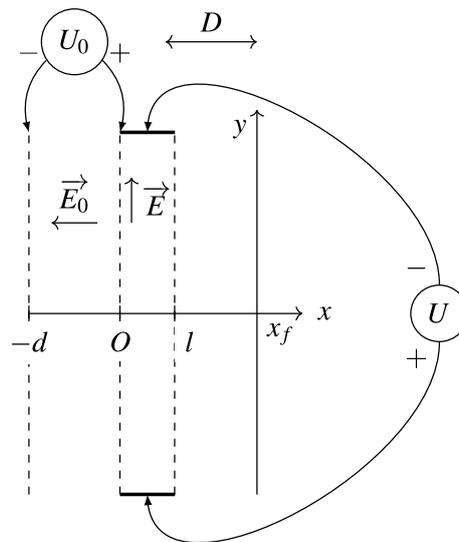


FIGURE 5.37 – Schéma de l'expérience J.J.Thomson.

Accélération par le champ électrique \vec{E}_0

- On considère que les particules de rayons cathodiques n'ont aucune vitesse initiale et sont situées initialement sur l'axe Ox de la Figure 5.37 à la position $x = -d$. Elles sont soumises à un potentiel électrique $V(x = -d)$. On choisit un potentiel électrique en $x = 0$, $V(0) = 0$.

Exprimer la tension U_0 en fonction des potentiels électriques $V(x)$ et $V(0)$ affichée par le voltmètre représenté sur la Figure 5.37.

- **Exprimer** les énergies potentielles électriques d'une particule en $x = -d$ et en $x = 0$ en fonction, entre autres, de la charge q d'une particule et de la tension U_0 .
- **Exprimer** les énergies cinétiques d'une particule en $x = -d$ et $x = 0$. **Exprimer** la valeur de la vitesse v_0 d'une particule en $x = 0$ et **donner** la direction et le sens de cette vitesse.
- **Déterminer** les conditions sur la tension et la charge de la particule pour que les particules aient une vitesse.

Déviations par le champ électrique \vec{E}

- On étudie maintenant l'interaction entre les particules et un champ électrique \vec{E} dans la zone comprise entre $x = 0$ et $x = l$. On considère que les électrodes générant le champ \vec{E} sont soumises à une tension U , selon la convention présentée Figure 5.37, et sont séparées par une distance h .

Mener une étude dynamique sur une particule dans la zone comprise entre $x = 0$ et $x = l$, et **exprimer** sa coordonnées $y(l)$ en fonction de U , U_0 , l et h .

- On fait l'approximation que la trajectoire des particules entre la position en $(x = 0, y = 0)$ et la position en $(x = l, y(l))$ est rectiligne. En utilisant l'approximation des petits angles, **déterminer** l'angle θ entre l'axe (Ox) et la trajectoire des particules.
- **Déterminer** la coordonnées $y(x_f)$ des particules sur l'écran positionné en x_f .
- Thomson des impacts sur l'écran pour une position $y_f < 0$. **Conclure** sur le signe des particules des rayons cathodiques.

Superposition du champ magnétique \vec{B}

- Un champ magnétique est maintenant imposé dans la zone entre $x = 0$ et $x = l$. **Exprimer** le champ \vec{B} pour lequel la trajectoire de la particule est colinéaire à l'axe Ox en fonction de U, h, m, q et U_0 .
- L'expérience de Thomson peut être réalisée à l'aide d'un appareil nommé **tube de Thomson**. Avec ce dernier, on observe une trajectoire rectiligne des particules pour un champ \vec{B} avec une valeur de 1,11 mT, une tension U_0 de 2 kV, une tension U de 240 V et une distance $h = 8$ mm. **Calculer** le rapport q/m des particules composant les rayons cathodiques.
- **Comparer** ce rapport à celui du cation H^+ pour lequel $q = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C et $m = 1,673 \cdot 10^{-27}$ kg. **Conclure**.