

5.3.2 Dipôle magnétique-Exercice 6

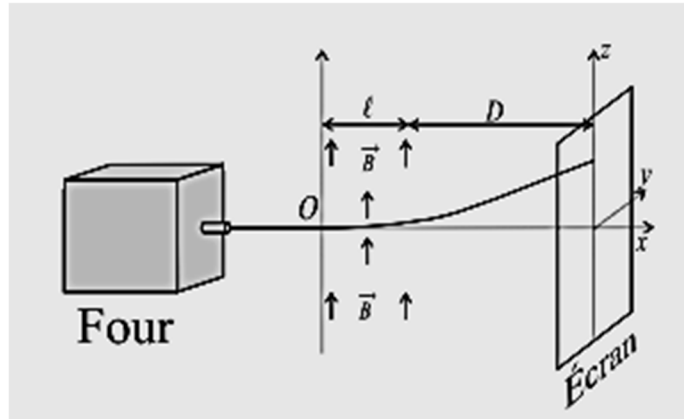
Un four contient du lithium à la température T . Le lithium se vaporise et un ensemble d'ouvertures pratiquées dans le four permet d'obtenir un jet homocinétique d'atomes de lithium d'énergie cinétique E_c .

Les atomes sortent du four avec la vitesse $\vec{v}_0 = v_0 \vec{u}_x$.

En sortie du four, le jet d'atomes passe dans une région où règne un champ magnétique $\vec{B} = k z \vec{u}_z$.

On admet que cette région est de largeur ℓ et qu'en dehors de celle-ci le champ magnétique est nul.

On constate que le jet est dévié et que son impact sur un écran à l'abscisse $d = \ell + D$ se situe à une cote z_0 . Cette déviation est explicable par le fait que les atomes de lithium sont porteurs de moments dipolaires magnétiques $\vec{M}$ constant et que dans la zone où règne le champ magnétique ils sont soumis à une force magnétique dérivant de l'énergie potentielle $E_p = -\vec{M} \cdot \vec{B}$.



a-Calculer la valeur numérique de T pour avoir $E_c = 1,6 \cdot 10^{-20} \text{ J}$. On donne $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$.

b-Montrer qu'entre $0 < x < \ell$, un atome subit la force $\vec{F} = k M_z \vec{u}_z$ avec $M_z = \vec{M} \cdot \vec{u}_z$

c-Etablir en fonction de k , M_z , et E_c l'équation $z = f(x)$ de la trajectoire d'un atome dans la zone où règne le champ magnétique.

d-Etablir l'expression de z_0 en fonction de D , ℓ , E_c , k et M_z .

e-On observe en fait sur l'écran deux taches symétriques par rapport à Ox . Que peut-on en déduire ?

f-On a : $E_c = 1,6 \cdot 10^{-20} \text{ J}$; $k = 10 \text{ T.m}^{-1}$; $\ell = 10 \text{ cm}$; $D = 10 \text{ m}$; $z_0 = \pm 3 \text{ mm}$. Calculer M_z .

5.3.2 Dipôle magnétique-Exercice 6

a-Par définition de la température cinétique : $E_c = \frac{3}{2} k_B T \Rightarrow T = \frac{2E_c}{3k_B}$ A.N : $T = 773 \text{ K}$

b- $\vec{F} = -\vec{\text{grad}}(E_p) = -\vec{\text{grad}}(-\vec{M} \cdot \vec{B}) = -\vec{\text{grad}}(-M_z k z) = \frac{d}{dz}(M_z k z) \vec{u}_z$ donc : $\vec{F} = k M_z \vec{u}_z$

c-Théorème de la quantité de mouvement à un atome, en négligeant son poids devant la force magnétique :

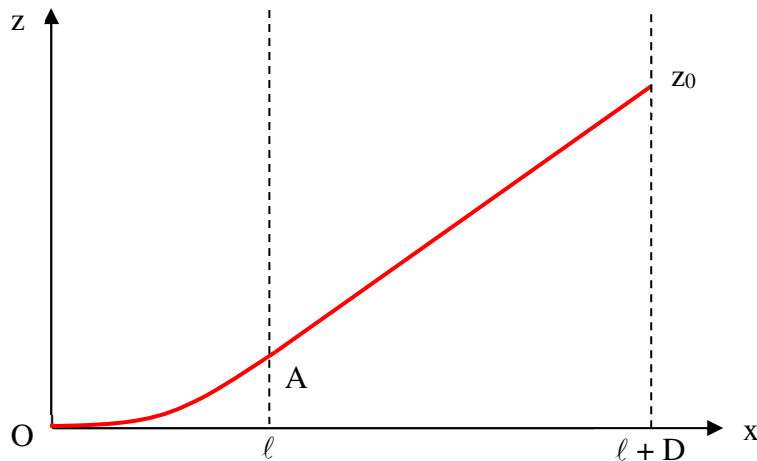
$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} \Rightarrow \begin{cases} \ddot{x} = 0 \\ \ddot{y} = 0 \\ \ddot{z} = \frac{k M_z}{m} \end{cases} \quad \text{en intégrant :} \quad \begin{cases} x = v_0 t \\ y = 0 \\ z = \frac{k M_z}{2m} t^2 \end{cases} \quad \text{donc : } z = \frac{k M_z}{2m} \frac{x^2}{v_0^2} \quad \text{or } E_c = \frac{1}{2} m v_0^2$$

Finalement : $z = \frac{k M_z}{4 E_c} x^2$

d-L'atome sort de la zone où règne le champ magnétique : au point A de coordonnées $(\ell, \frac{k M_z}{4 E_c} \ell^2)$

avec la vitesse $(v_0, \frac{k M_z}{m} \frac{\ell}{v_0})$

Sa trajectoire est alors rectiligne car il n'est soumis à aucune force entre $x = \ell$ et $x = \ell + D$.



La pente de cette droite donne : $\frac{z_0 - \frac{k M_z}{4 E_c} \ell^2}{D} = \frac{\frac{k M_z}{m} \frac{\ell}{v_0}}{v_0} \Rightarrow z_0 = \frac{k M_z \ell}{2 E_c} (\frac{\ell}{2} + D)$

e-Puisque $-\|\vec{M}\| \leq M_z \leq +\|\vec{M}\|$, on s'attend à ce que les points d'impact forment une ligne continue entre deux valeurs extrêmes opposées de z_0 .

On n'observe que deux taches $\Rightarrow M_z$ ne varie pas continument mais ne prend que deux valeurs opposées.

Le moment magnétique de l'atome est quantifié.

f-A.N : $M_z = 9,6 \cdot 10^{-24} \text{ A.m}^2$