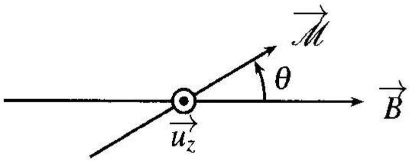
TD MA1 Champs magnétiques

$\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ H.m^{-1} Perméabilité absolue du vide

Exercice n°1. Petites oscillations d'un aimant

Vue de dessus :



Un aimant homogène, de moment magnétique $\vec{\mathcal{M}}$, de moment d'inertie J par rapport à son centre de gravité G, est libre de tourner autour de G dans un plan horizontal. Il est soumis à l'action d'un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme.

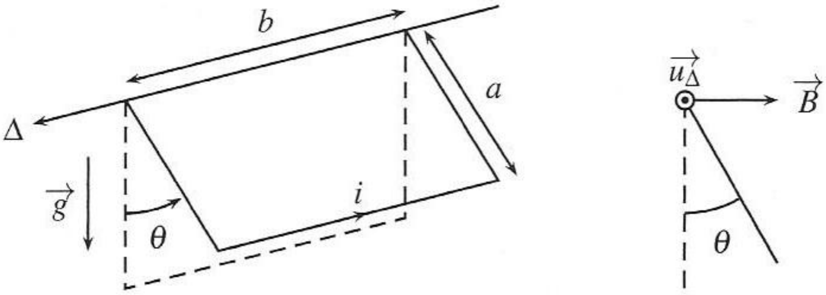
1. L'aimant est légèrement tourné par rapport à sa position d'équilibre, tout en restant dans le plan horizontal, puis lâché. Quelle est la période des petites oscillations ultérieures ?

2. Afin d'en déduire la valeur du champ magnétique $\vec{B}$, sans connaître ni le moment d'inertie, ni le moment magnétique de l'aimant, on ajoute au champ $\vec{B}$ un champ magnétique $\vec{B'}$ créé par une bobine longue. On place d'abord la bobine telle que $\vec{B'}$ et le champ $\vec{B}$ soient parallèles et de même sens et on mesure la période τ_1 des petites oscillations de l'aimant. On change ensuite le sens du courant dans la bobine et on mesure la nouvelle valeur τ_2 de la période des petites oscillations.

En déduire B en fonction de l'intensité B' du champ créé par la bobine et du rapport τ_1/τ_2 sachant : $B < B'$.

Exercice n°2. Action magnétique sur un cadre

Un cadre conducteur tourne sans frottement autour de l'axe Δ. Il est composé de 4 segments, 2 de longueur a, 2 de longueur b. La masse totale du cadre est m, son moment d'inertie par rapport à Δ est J. Un dispositif, non représenté sur la figure, impose une intensité du courant i constante dans le cadre.



Premier cas

Le cadre est placé dans un champ de pesanteur et un champ magnétique. Le champ magnétique est horizontal, placé dans un plan perpendiculaire à l'axe Δ.

1. Quelle est la position d'équilibre θ_0 ?

2. On écarte légèrement le cadre de sa position d'équilibre. Quelle est la pulsation des petites oscillations alors observées ? On répondra en fonction de J, a, b, i, B, m et g.

Deuxième cas

Le cadre est maintenant placé dans un champ magnétique vertical orienté vers le haut.

1. Quelle est la position d'équilibre θ_0 ?
2. Quelle est la pulsation des petites oscillations autour de θ_0 ? On écrira $\theta = \theta_0 + \varepsilon$ où $\varepsilon \ll \theta_0$ et on fera un DL au premier ordre de $\cos\theta$ et de $\sin\theta$ (ou en utilisant simplement la définition de la dérivée).

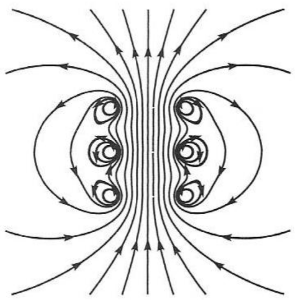
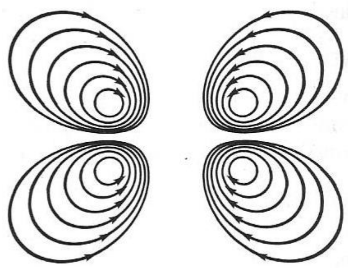
Exercice n°3. Rails de Laplace sur un plan incliné

On reprend la situation des rails de Laplace, mais en les plaçant sur un plan incliné qui forme un angle α avec l'horizontale. Le champ magnétique est stationnaire et uniforme, vertical, dirigé vers le haut. On prendra B = 150 mT. Le barreau est de masse m = 8,0g ; de longueur l = 12 cm. $\alpha = 30°$; g = 9,81 $m.s^{-2}$. On néglige tout frottement.

1. Faire un schéma en précisant le sens du courant pour que la force permette au barreau mobile de monter la pente le long des rails.
2. Calculer la valeur du courant i pour que le barreau monte à vitesse constante (en lui donnant une vitesse initiale).
3. Calculer la puissance des forces de Laplace sur le barreau s'il met 0,5 s pour augmenter son altitude de 10 cm.

Exercice n°4. Cartes de champ

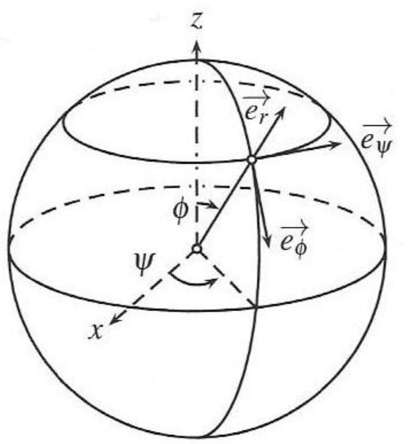
Dans les cartes de champ magnétique suivantes, où le champ est-il le plus intense ? Où sont placées les sources ? Le courant sort-il ou rentre-t-il dans le plan de la figure ?

Exercice n°5. Champ magnétique terrestre

Le champ magnétique terrestre est décrit en première approximation par le champ magnétique d'un dipôle magnétique situé au centre de la terre O, de moment $\overrightarrow{\mathcal{M}} = -\mathcal{M}\overrightarrow{u_z}$ ($\mathcal{M} = 7,9.10^{22}$ A.m^2 et $\overrightarrow{u_z}$ désigne le vecteur unitaire de l'axe géomagnétique de la Terre, qui est légèrement incliné par rapport à l'axe de rotation terrestre). Un point de l'espace est repéré par ses coordonnées sphériques (r, ϕ, ψ) par rapport à l'axe géomagnétique. En un point suffisamment éloigné de O, les composantes de $\overrightarrow{B}$ s'écrivent :

$$B_r = -\frac{\mu_0}{4\pi}\mathcal{M}\frac{2\cos\phi}{r^3}, \quad B_\phi = -\frac{\mu_0}{4\pi}\mathcal{M}\frac{\sin\phi}{r^3} \quad \text{et} \quad B_\psi = 0.$$



Calculer la norme du champ magnétique vers le centre de la France métropolitaine, où r = 6300 km et $\phi = 42°$.