TD 8 - Magnétostatique

IPESUP - PC

12/11/2024

1 Rappels de cours

Force de Lorentz subie par une particule chargée (q), de vitesse v dans un champ magnétique $\vec{B}$: $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$.

Théorème de Maxwell-Ampère :

Soit Γ une courbe **fermée**, orientée.

$\int_\Gamma \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i_e$

Forme locale : $r\vec{o}t(\vec{B}) = \mu_0 \vec{j}$.

Equation de Maxwell-Thomson :

$div(\vec{B}) = 0$

Force de Laplace :
La force élémentaire de Laplace exercée sur un volume $d\tau$ de conducteur, soumis au champ magnétique $\vec{B}$, a pour expression : $d\vec{F}_L = \vec{j} \wedge \vec{B} d\tau$

La force élémentaire de Laplace exercée sur une portion élémentaire de fil $d\vec{l}$ parcouru par un courant i champ magnétique $\vec{B}$, a pour expression $d\vec{F}_L = id\vec{l} \wedge \vec{B}$

Propriétés :

1. Les plans de symétrie de la distribution de courant sont des champs d'antisymétrie du champ magnétique.
2. Le flux du champ magnétique à travers une section d'un tube de champ est constant.

Propriétés des lignes de champ :

1. Les lignes de champ sont des courbes qui s'enroulent autour des courants et sont fermées.
2. Les lignes de champ sont orientées dans le sens positif par rapport au courant (règle de la main droite ou du tire bouchon).
3. Les lignes de champ sont plus resserrées là où le champ magnétique est plus intense. Lorsque les lignes de champ sont parallèles, le champ est donc uniforme.

Dipôle magnétique :

Moment magnétique d'une boucle de courant : $\vec{\mathcal{M}} = i\vec{S}$, avec $\vec{S}$ le vecteur surface orienté dans le sens de la circulation du courant.
Dans un champ magnétique uniforme, les actions de Laplace s'exeçant sur une boucle de courant

indéformable ont un moment égal à $\Gamma = \vec{\mathcal{M}} \wedge \vec{B}$ et une résultante nulle.
L'énergie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ magnétique est donnée par $\vec{\mathcal{M}} \cdot \vec{B}$

Capacités exigibles :

1. Théorème de Maxwell-Ampère, énoncé en forme intégrale et locale.
2. Champ magnétique créé par un fil rectiligne infini parcouru par un courant i.
3. Champ créé par un conducteur cylindrique parcouru par un courant uniforme.
4. Champ créé par un solénoïde infini.
5. Déterminer le moment magnétique de l'atome d'hydrogène et donner la valeur du facteur gyromagnétique.
6. Actions des forces de Laplace et énergie d'un dipôle magnétique dans un champ magnétique.
7. Expliquer l'effet Hall et retrouver la valeur de tension de Hall.
8. Décrire l'expérience de Stern et Gerlach.

2 Calcul de champ :

On considère un fil semi infini (pour les $z < 0$), parcouru par un courant i et orienté selon $+\vec{u}_z$. Le demi-espace $z > 0$ est conducteur. Déterminer le champ magnétique en tout point du demi-espace $z > 0$.

3 Jonction entre deux conducteurs :

On considère la jonction entre deux conducteurs par deux plans d'abscisse $x = a/2$ et $x = -a/2$. Entre ces deux plans circulent des charges, donnant lieu à un courant de densité pouvant être modélisé par $\vec{j}(x, y, z) = j_0 sin(\frac{\pi x}{a})\vec{e}_y$. Déterminer le champ dans tout l'espace.

4 Boule de Rowland :

On considère une boule uniformément chargée en volume, de rayon R et de densité volumique ρ, en rotation autour de l'axe (Oz), avec une vitesse angulaire ω constante. Déterminer $\vec{j}$, le vecteur de densité de courant, puis l'intensité traversant un demi disque de rayon R s'appuyant sur (Oz).

5 Champ au voisinage de l'axe d'un spire

On considère une spire circulaire de rayon a parcourue par un courant i.

1. Justifier que sur un point de l'axe (Oz), le champ magnétique est de la forme $\vec{B} = B_0(z)\vec{u_z}$
2. On se place près de l'axe, déterminer une approximation de $\vec{B}(M)$ au deuxième ordre.