Université Paul Sabatier

Contrôle Partiel
L3 SPC - Propriétés électromagnétiques

Documents et calculatrice interdits.
La qualité de la rédaction sera valorisée. Toutes les réponses devront être justifiées.

1 Questions

1. Enoncer le théorème de Gauss dans les milieux diélectriques. Vous définierez précisément les différentes grandeurs introduites.

2. Quels sont les mécanismes microscopiques à l'origine de la polarisation d'un gaz de monoxyde de carbone CO en présence d'un champ électrique ? Qu'en est-il pour un gaz de dioxygène ? Justifiez vos réponses et décrivez en quelques lignes chacun des mécanismes mis en oeuvre.

3. Qu'appelle-t-on champ local ? En quoi diffère-t-il du champ macroscopique $\vec{E}$ régnant dans un milieu diélectrique ? Dans quel(s) cas peut on considérer le champ local comme étant égal au champ $\vec{E}$?

2 Barreau aimanté

1. Question préliminaire
On considère un cylindre infiniment long orienté selon l'axe (Oz), de rayon R et chargé par une densité volumique de charge uniforme ρ_0. On se placera dans la base des coordonnées cylindriques $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_z)$. En appliquant le théorème de Gauss, déterminer le champ électrique $\vec{E}^*$ en tout point N à l'intérieur et à l'extérieur du cylindre.

2. On considère maintenant un barreau cylindrique infiniment long orienté selon l'axe (Oz), de rayon R, aimanté uniformément selon (Oz) : $\vec{M} = M\vec{e}_z$. On cherche à déterminer le champ magnétique créé par le barreau aimanté à l'intérieur ($\vec{B}_{m,in}$) et à l'extérieur du cylindre ($\vec{B}_{m,ex}$) par la méthode du champ auxiliaire.

On rappelle que le potentiel-vecteur créé par le barreau uniformément aimanté en un point N s'écrit :

$$\vec{A}_m(N) = \frac{\mu_0 \epsilon_0}{\rho_0} \left[\vec{M} \wedge \vec{E}^*(N)\right]$$

avec $\vec{E}^*(N)$ le champ auxilliaire au point N. Ce champ auxiliaire correspond au champ électrique que créerait un cylindre infiniment long d'axe (Oz), de rayon R et qui serait chargé avec une densité volumique de charge uniforme ρ_0.

a) Déterminer le potentiel-vecteur créé par le barreau aimanté à l'intérieur ($\vec{A}_{m,in}$) et à l'extérieur ($\vec{A}_{m,ex}$) du barreau aimanté.

b) Montrer que le champ magnétique créé par le barreau aimanté s'écrit :

$$\vec{B}_{m,in} = \mu_0 \vec{M} \text{ et } \vec{B}_{m,ex} = \vec{0}$$

3. Le barreau est constitué d'un matériau magnétique linéaire, homogène et isotrope de susceptibilité magnétique χ_m. Il acquiert une aimantation $\vec{M}$ uniforme selon (Oz) lorsqu'il est placé dans un champ magnétique appliqué $\vec{B}_a$ uniforme selon z.

a) En utilisant les résultats de la question précédente, déterminer le champ magnétique total $\vec{B}$ et l'excitation magnétique $\vec{H}$ en tout point à l'intérieur et à l'extérieur du barreau en fonction du champ magnétique appliqué $\vec{B}_a$. Déterminer le vecteur aimantation $\vec{M}$ en fonction de $\vec{B}_a$.

b) Précisez l'orientation de $\vec{M}$ par rapport au champ magnétique appliqué dans le cas où le barreau est constitué d'un matériau paramagnétique et dans le cas où il est constitué d'un matériau diamagnétique.

4. Déterminer les courants d'aimantation volumique et surfacique équivalents. Représentez ces courants sur une figure dans le cas d'un milieu paramagnétique.

On donne en coordonnées cylindriques : $\vec{K} = K_r\,\vec{e}_\rho + K_\theta\,\vec{e}_\theta + K_z\,\vec{e}_z$

$$r\vec{o}t\vec{K} = \left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial K_z}{\partial \theta} - \frac{\partial K_\theta}{\partial z}\right)\vec{e}_r + \left(\frac{\partial K_\rho}{\partial z} - \frac{\partial K_z}{\partial \rho}\right)\vec{e}_\theta + \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial(\rho K_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial K_\rho}{\partial \theta}\right)\vec{e}_z$$