

CC1 magnétisme 2022-23

Mercredi 12 avril 2023

-- TOUT DOCUMENT ET OBJET CONNECTÉ INTERDIT --

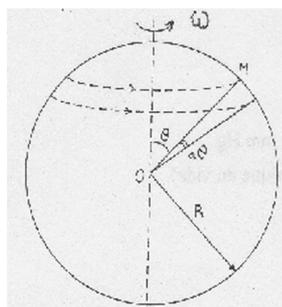
Conformément à l'usage international, les vecteurs sont représentés en caractères gras.

A. Questions de cours

1. Énoncer les lois d'Ohm locale et intégrale (macroscopique) en explicitant les termes mis en jeu.
2. Donner la loi de Biot et Savart pour un élément de courant $I d\mathbf{l}$ situé à la distance r d'un point d'observation M ; on veillera également à préciser les termes en jeu.
3. Rappeler les équations de Maxwell pour le champ magnétostatique \mathbf{B} .

B. Susceptibilité diamagnétique de l'argon

1. Une sphère de rayon R porte une densité superficielle de charge σ uniforme et tourne autour d'un axe passant par son centre O à la vitesse ω .
 - a. Écrire l'expression de la vitesse linéaire d'un point M de la sphère, repéré par l'angle θ , puis déduire le vecteur densité de courant superficiel \mathbf{J}_s .
Montrer que l'intensité du courant $dI(\theta)$ qui parcourt la tranche de la sphère comprise entre θ et $\theta+d\theta$ a pour expression $dI(\theta) = \sigma R^2 \omega \sin\theta d\theta$
 - b. Déterminer la grandeur du moment magnétique $dm(\theta)$ de la boucle de courant parcourue par l'intensité $dI(\theta)$. Préciser sur une figure sa direction et son sens en supposant la densité négative σ .
 - c. Déduire l'expression du moment magnétique de la sphère en fonction de σ , ω et R .



2. On considère un atome dépourvu de moment magnétique permanent, possédant Z électrons périphériques de charge $-e$ et de masse m . Dans une représentation « classique » on suppose que l'atome possède la symétrie sphérique. Ceci implique que les Z électrons se répartissent de manière uniforme sur une sphère de rayon R et que les boucles de courant dues aux mouvements orbitaux ont toutes les orientations permises dans l'espace.
 - a. Établir l'expression de la densité superficielle σ en fonction de Z , e et R .
Quelle peut être la résultante des moments magnétiques associés au mouvement des charges.

- b. L'atome est soumis à un champ magnétique \mathbf{B} . On peut montrer que l'effet du champ revient à mettre la sphère portant la distribution d'électrons en rotation autour de \mathbf{B} avec une vitesse angulaire $\omega = eB / 2m$ (fréquence de Larmor) et un moment cinétique dirigé vers \mathbf{B} .

Etablir l'expression du module du moment magnétique de l'atome en utilisant le résultat de la question 1.c.

Préciser le sens du moment. Ecrire pour un échantillon contenant n atomes par unité de volume les expressions de l'aimantation \mathbf{M} et de la susceptibilité magnétique χ_m .

- c. Application numérique :

Pour l'argon ($Z = 18$), la mesure à 20°C et 760 mm de Hg de la susceptibilité magnétique du gaz donne $\chi_m = -1,09 \times 10^{-8}$.

Déduire la valeur du rayon moyen de l'atome d'argon. Commenter le résultat.

Données numériques :

$M = 9,1 \times 10^{-31}\text{ kg}$, $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ nombre d'Avogadro, $e = 1,6 \times 10^{-19}\text{ C}$, volume molaire : $22,4\text{ litres}$ à 0°C et 760 mm de Hg, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{ H m}^{-1}$ (perméabilité magnétique du vide).