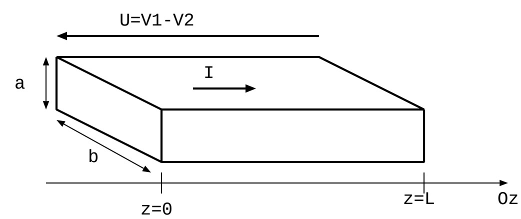
Programme de colle S15

I. Questions de cours

1. Le plomb est un métal dans lequel chaque atome libère deux électrons libres pour assurer la conduction du courant électrique. On donne la masse volumique du plomb: $\rho = 11,3.10^3\ kg.m^{-3}$, la masse molaire du plomb: $M = 207\ g.mol^{-1}$, la charge d'un électron: $e = 1,6.10^{-19}\ C$ et le nombre d'Avogadro: $\mathcal{N}_a = 6,02.10^{23}\ mol^{-1}$. Calculer le nombre d'électrons de conduction par unité de volume et la vitesse moyenne de ces électrons dans un fil électrique de rayon $R = 1\ mm$ et parcouru par un courant d'intensité $I = 2\ A$.

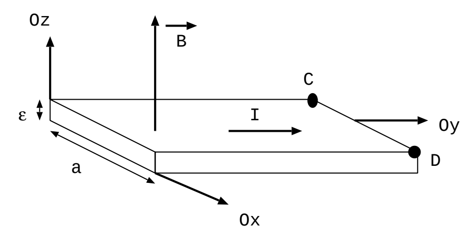
2. Dans un conducteur, les électrons libres de masse m et de charge $-e$ se déplacent sous l'action d'un champ électrique $\overrightarrow{E}$. Les interactions des électrons avec les autres électrons et les cations du métal se traduisent par une force de type frottements visqueux de la forme $\overrightarrow{f} = -\frac{m}{\tau}\overrightarrow{v}$. Etablir l'expression de la vitesse limite des électrons et en déduire l'expression de la conductivité électrique du métal (on introduit n^* le nombre d'électrons de conduction par unité de volume).

3. On considère un conducteur parallélépipédique de conductivité σ parcouru par un courant d'intensité I et soumis à la différence de potentiel $U = V_1 - V_2 = V(z=0) - V(z=L)$. Déterminer l'expression de la résistance de ce conducteur en fonction des longueurs indiquées sur le schéma et de σ.



Exprimer la puissance cédée aux charges par le champ électrique. Commenter.

4. Un ruban d'argent de largeur $a = 1\ cm$, d'épaisseur $\epsilon = 0,1\ mm$ est parcouru par un courant $I = 15\ A$. Ce sont les électrons libres (un électron par atome d'argent) qui assurent la conduction du courant. Ce ruban est placé dans un champ magnétique uniforme $B = 2\ T$, normale au plan du ruban. On mesure la différence de potentiel $V_H = V(C) - V(D) = 32\ \mu V$.



4.a. En régime permanent les électrons se déplacent dans la direction Oy. Montrer que la vitesse des électrons de conduction s'écrit: $v = \frac{I}{nea\epsilon}$ où n est nombre d'électrons libres par unité de volume.

4.b. Déterminer le mouvement des électrons sous l'action de la force magnétique. En déduire les signes des charges apparues sur les surfaces en $x = 0$ et en $x = a$, en déduire le signe de V_H.

4.c. Que vaut la résultante des forces selon Ox? En déduire que $V_H = \frac{IB}{ne\epsilon}$. Calculer n et le comparer au nombre n' d'atomes d'argent par unité de volume du ruban. On donne : masse molaire de l'argent: $M = 107,9\ g.mol^{-1}$, la masse volumique de l'argent: $\rho = 10,5.10^3\ kg.m^{-3}$, la charge d'un électron: $-e = 1,6.10^{-19}\ C$, le nombre d'Avogadro: $\mathcal{N}_a = 6,02.10^{23}\ mol^{-1}$.

5. Montrer l'équation de conservation de la charge dans le modèle de conduction selon Ox avec $\rho = \rho(x,t)$ et $\overrightarrow{j} = j(x,t)\overrightarrow{e_x}$.

6. Donner l'équation de Maxwell flux et en déduire que lorsque les lignes de champ magnétique s'écartent l'intensité du champ magnétique diminue.

7. Utiliser le théorème d'Ampère pour exprimer le champ magnétique créé par un câble d'axe Oz, de longueur L et de rayon R parcouru par un vecteur densité de courant $\overrightarrow{j} = j\overrightarrow{e_z}$ uniforme. On néglige les effets de bord.

8. Soit un solénoïde de longueur L, de rayon R et comportant N tours de fil parcouru par une intensité I. On néglige les effets de bord. Déduire du théorème d'Ampère:

- que le champ magnétique intérieur est uniforme

- que le champ magnétique extérieur est uniforme

- l'expression du champ magnétique intérieur en admettant que le champ extérieur est nul.

9. Dans le modèle de Bohr, l'électron de l'atome d'hydrogène décrit une orbite circulaire autour du noyau. On note R, le rayon de l'orbite, V la vitesse de l'électron, $-e$ la charge et m la masse de l'électron. Données: $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}\ H.m^{-1}$, $e = 1,6.10^{-19}\ C$, $m = 9,0.10^{-31}\ kg$, $\hbar = 1,0.10^{-34}\ J.s$.

Représenter la trajectoire de l'électron et exprimer en fonction des données:

- $\overrightarrow{L}_O$, son moment cinétique par rapport au noyau placé en O à l'origine du repère.

- le moment magnétique orbital $\overrightarrow{M}$ de l'électron.

Dans le modèle de Bohr, le moment cinétique de l'électron est quantifié: $L_O = n\hbar$. En déduit que le moment magnétique associé à l'électron est quantifié. On appelle magnéton de Bohr noté μ_B, le moment magnétique pour $n = 1$, exprimer et calculer μ_B (on donne $\hbar = 10^{-34}\ J.s$).

Pour le fer, on donne sa masse volumique $\rho = 7,9.10^3\ kg.m^{-3}$ et sa masse molaire $M = 55,8\ g/mol$. On suppose que chaque atome de fer porte un magnéton de Bohr μ_B. Calculer le moment magnétique maximal d'un barreau de fer de longueur $L = 10\ cm$, de largeur $l = 1\ cm$ et d'épaisseur $e = 0,5\ cm$.

II. **Exercices**

Tout exercice portant sur:

- la conduction électrique

- les forces de Laplace

- le théorème d'Ampère

- les dipôles électrique et magnétique.