

L3 LICENCE DE SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Partiel d'Electromagnétisme

Durée : 1h30 - Tous documents interdits

I. QUESTION DE COURS : (2pts)

Énoncez les différents mécanismes microscopiques responsables de la polarisation dans la matière.

II THEOREME DE GAUSS DANS UN MILIEU MATERIEL : (8pts)

On considère un câble coaxial faisant office de condensateur cylindrique. Le diélectrique présent entre le conducteur central (de rayon a) et l'armature externe (de rayon b) est caractérisé par sa permittivité ϵ . On connecte le conducteur central à un générateur de tension V_0 ce qui se traduit par l'apparition d'une distribution de charges uniforme σ à sa surface ; l'armature externe est connectée à la masse du générateur.

- 1 Énoncer le théorème de Gauss dans un MILIEU MATERIEL.
- 2 Exprimer le vecteur déplacement électrique \mathbf{D} dans le diélectrique.
- 3 Dédire le champ électrique \mathbf{E} dans le diélectrique.
- 4 Exprimer la densité de charge σ en fonction de V_0 , de ϵ et des rayons a et b .
- 5 A quelle vitesse se déplacerait une onde électromagnétique dans ce câble avec $\epsilon_r = 2.25$?

II. POLARISATION IONIQUE : (10pts)

Le chlorure de potassium KCl est un cristal ionique de symétrie cubique. Sa structure est représentée sur la figure ci-dessous par des boules noires pour les ions K^+ et blanches pour Cl^- . Il contient $3.2 \cdot 10^{28}$ ions de chaque espèce par m^3 . La masse molaire des ions K^+ et Cl^- est approchée par la valeur commune $M=37g$.

On considère un monocristal cubique de volume unité dont le centre O choisi comme origine est situé sur un ion. Il contient n ions K^+ et Cl^- de masse m repérés par les vecteurs respectifs \mathbf{r}_i et \mathbf{r}_j .

- 1 Montrer que le moment dipolaire résultant du monocristal est nul.

2 Un champ électrique \mathbf{E} constant est appliqué suivant l'axe Oz du cube. Les ions K^+ et Cl^- sont alors déplacés de \mathbf{u} et \mathbf{v} selon Oz. Exprimer la polarisation induite \mathbf{P} et sa composante suivant l'axe Oz.

3 L'équilibre des ions K^+ et Cl^- du cristal dans le champ \mathbf{E} est réalisé par les forces de rappel respectives $-m\omega_0^2 \mathbf{u}$ et $-m\omega_0^2 \mathbf{v}$. On donne la fréquence propre d'oscillations $f_0 = \omega_0/2\pi = 510^{12}$ Hz.

a. Exprimer la susceptibilité électrique χ du cristal

b. Calculer la permittivité relative ϵ_r en négligeant la polarisation des électrons.

On donne : Le nombre d'Avogadro $N = 6.02 \cdot 10^{23}$, la charge élémentaire $q = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C et $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ S.I.

4 On applique au cristal un champ électrique sinusoïdal $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \cos \omega t$. Les ions K^+ et Cl^- se meuvent alors avec la pulsation ω et subissent les forces de frottement respectives : $-m\beta d\mathbf{u}/dt$ et $-m\beta d\mathbf{v}/dt$.

a. Exprimer le déplacement des ions sous forme complexe $\underline{\mathbf{u}} = \underline{\mathbf{u}}_0 \exp-j\omega t$.

b. Exprimer la susceptibilité complexe du cristal $\chi(\omega)$ en fonction de la susceptibilité statique $\chi(0)$ que l'on définira.

