

Electromagnétisme de la matière**Partiel (durée 1h30)****I. Cylindre diélectrique polarisé (7 pts)**

Sous l'action d'un champ électrique appliqué E_a uniforme, un barreau cylindrique (rayon a , longueur $l \gg a$) acquiert une polarisation volumique P uniforme selon Ox , et ceci perpendiculairement à l'axe Oz du cylindre. On se propose de calculer le champ électrique E_{in} , à l'intérieur, et E_{ex} à l'extérieur du milieu, par la méthode du champ auxiliaire E^* .

1. Calculer E^* et en déduire les valeurs de E en fonction de P .
2. Le matériau est un conducteur. Exprimer P en fonction du champ appliqué. Quelle est la distribution de charge du conducteur ? Que vaut le moment dipolaire électrique du barreau ?
3. Déterminer les composantes de E à l'extérieur du barreau en fonction de E_a , a et des coordonnées cylindriques r et φ . Déduire les valeurs des composantes du déplacement électrique D en tout point.

II. Fluide à molécules non polaires (4 pts)

En utilisant le résultat du modèle de Lorentz, démontrer l'expression du vecteur polarisation P en fonction de la densité N de molécules, de la polarisabilité α , de ϵ_0 et du champ électrique E . Définir la correction de champ local ?

III. Diamagnétisme (4 pts)

1. Un moment magnétique μ est soumis à un champ magnétique B . Donner l'énergie potentielle d'interaction de μ avec B et la force qui en dérive. En appliquant le théorème du moment cinétique, montrer que l'on peut introduire le vecteur $\Omega_L = -\gamma_e B$ où γ_e est le rapport gyromagnétique pour décrire le mouvement du moment magnétique dans le champ magnétique.
2. Dans le cadre de la théorie semi-classique, donner une interprétation du diamagnétisme en relation avec la loi de Lenz.

IV. Modèle de Drude : électron élastiquement lié en présence d'une onde électromagnétique plane. (5 pts)

On considère un électron, de masse m , de charge $-e$, lié élastiquement à une molécule du diélectrique de centre d'inertie O . On désigne par s son déplacement sous l'effet du champ électrique. L'électron est soumis à une force de rappel $-m(\omega_0)^2 s$, à une force de frottement proportionnelle à sa vitesse $-(m/\tau) ds/dt$ qui traduit l'effet de différentes causes d'amortissement de son mouvement, et à la force due à l'action du champ électromagnétique de l'onde plane. *Dans tout l'exercice, on confondra champ local et champ appliqué.* On suppose que la vitesse v de l'électron reste toujours petite devant celle de la lumière dans le vide c . On admet que la force exercée par le champ magnétique est négligeable devant celle exercée par le champ électrique.

1. Ecrire l'équation du mouvement de l'électron. Signification de τ ?

2. Le champ macroscopique \underline{E} de l'onde dans le milieu est sinusoïdal. Le milieu comporte N électrons liés du même type par unité de volume et on confondra champ local et champ appliqué. Démontrer l'expression suivante de la polarisation \underline{P} en régime harmonique :

$$\underline{P} = \frac{Ne^2}{m} \frac{1}{(\omega_0^2 - \omega^2) - i\omega/\tau} \underline{E}.$$

3. En déduire les expressions de la susceptibilité complexe χ et de la permittivité relative complexe ϵ_r du diélectrique, en fonction de $\omega_p = (Ne^2 / m\epsilon_0)^{1/2}$, ω , ω_0 , et τ . Quelle est la signification physique de ω_p ?