

Electromagnétisme de la matière
--

Examen terminal- 2^{ème} session
(durée 2h)

I. Sphère diélectrique dans un champ uniforme. (barème indicatif : 4 pts)

Une sphère de rayon R d'un matériau diélectrique linéaire, homogène et isotrope (*l.h.i.*), de permittivité ϵ est soumise dans le vide à un champ appliqué \mathbf{E}_a uniforme. On admet que la polarisation volumique \mathbf{P} est uniforme à l'intérieur. Calculer \mathbf{P} en fonction de \mathbf{E}_a , ϵ et ϵ_0 . En déduire le moment dipolaire \mathbf{p} de la sphère.

II. Condensateur à diélectrique. (6 pts)

Une lame d'un milieu diélectrique LHI, caractérisé par une permittivité absolue ϵ acquiert, sous l'effet d'un champ \mathbf{E} , appliqué perpendiculairement à ses faces (Fig.1), une polarisation volumique \mathbf{P} uniforme.

1. Quelle est la distribution de charges équivalentes à un tel état de polarisation ? Calculer en fonction de \mathbf{E}_a , ϵ_0 et ϵ , les valeurs du champ électrique \mathbf{E} , du déplacement électrique \mathbf{D} et de la polarisation \mathbf{P} en tout point intérieur ou extérieur à la lame.

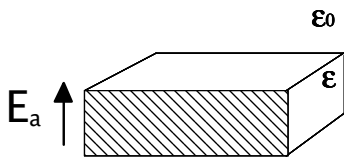


Figure 1

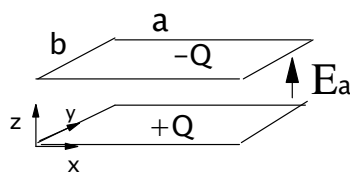


Figure 2

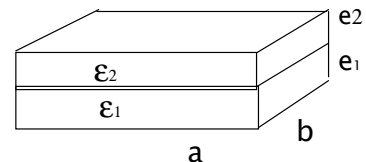


Figure 3

2. Les deux armatures planes rectangulaires d'un condensateur à vide (Fig.2) sont espacées de e et sont initialement chargées ($Q > 0$ et $-Q$). On introduit entre ces armatures maintenues isolées, une lame matérielle qui emplit totalement le volume inter-armatures. On néglige tout effet de bord. On choisit la direction Oz perpendiculaire aux armatures; on note e la distance inter-armatures, et a et b les côtés respectivement parallèles à Ox et Oy .

La lame introduite est constituée de deux milieux matériels LHI superposés en deux lames d'épaisseurs respectives e_1 et e_2 (Fig.3) caractérisés par leur permittivité ϵ_1 et ϵ_2 . Calculer \mathbf{E} , \mathbf{D} et la nouvelle valeur de la capacité.

III. Champ électrique local vu par des molécules polaires orientables dans une lame infinie à faces parallèles. (barème indicatif : 10 pts)

On considère une lame infinie à faces parallèles constituée d'un milieu *l.h.i.*, de constante diélectrique relative ϵ_r . Le milieu est amorphe et l'épaisseur de la lame est très supérieure à la distance inter-atomique. On introduit dans ce milieu un ensemble de molécules polaires orientables en densité N . Ces molécules sont sans interaction entre elles et sont en présence d'un champ local que l'on exprimera dans le modèle de Lorentz.

1) Rappeler le *principe* du calcul du champ local \mathbf{E}_l dans le modèle de Lorentz et démontrez son expression en fonction du champ électrique macroscopique \mathbf{E} et de la polarisation \mathbf{P} .

Pour les questions 2 et 3, on se place dans le cas limite des hautes températures pour ce qui concerne la polarisation d'orientation.

2) Définir la polarisabilité effective α_{or} des molécules polarisables. Etablir l'équation qui relie la polarisation \mathbf{P} et le champ électrique macroscopique \mathbf{E} en fonction des paramètres du problème.

3) Calculer la nouvelle constante diélectrique relative $(\epsilon_r)_{total}$ du milieu en prenant en compte les molécules polaires en fonction de N , ϵ_r et α_{or} . Sachant que $N \alpha_{or} \ll 1$, donner l'expression de $(\epsilon_r)_{total}$ au premier ordre en $(N\alpha)$ en fonction de N , ϵ_r et α_{or} .

4) On impose un champ électrique extérieur \mathbf{E}_{ex} perpendiculaire aux faces de la lame, dans le vide. Donner l'expression du champ électrique \mathbf{E}_{in} dans le milieu complet en fonction de \mathbf{E}_{ex} , N , p_0 , ϵ_r , ϵ_0 , kT .