

Epreuve d'électromagnétisme

Durée 2h - Tous documents interdits

I. Question de cours :

1. Un milieu uniformément polarisé peut être décrit par une distribution de charges, quelle est la relation que vérifient la distribution de charges et la polarisation ? Par quelle distribution de charges peut on décrire un cylindre polarisé uniformément le long de son axe ?
2. Donnez les différents mécanismes de polarisation que l'on peut rencontrer dans les milieux matériels.

II. Condensateur plan :

On considère un condensateur plan connecté à un générateur de tension continue V_0 . Le milieu présent entre les armatures distantes de d a la permittivité du vide ϵ_0 . On négligera dans tout l'exercice les effets de bords.

1. Retrouver, à l'aide du théorème de Gauss dans un milieu matériel, appliqué à une plaque chargée par une distribution surfacique de charge $\sigma_{0,ex}$, la valeur du vecteur déplacement électrique \mathbf{D} en fonction de $\sigma_{0,ex}$ entre les armatures du condensateur.
2. Ecrire la relation reliant \mathbf{D} et \mathbf{E} , le champ électrique.
3. Donner l'expression de D en fonction de V_0 , d et ϵ_0 .
4. Quelle est la capacité du condensateur par unité de surface ?
5. Donner l'énergie stockée dans le condensateur par unité de surface.

En laissant le générateur connecté aux armatures, on remplit l'espace compris entre celles-ci par un milieu diélectrique de permittivité relative ϵ_r .

6. Quelle est la valeur du champ électrique \mathbf{E} dans le milieu en fonction de V_0 et d ?
7. Quelle est la nouvelle distribution surfacique de charges portée par les armatures en fonction de V_0 , d , ϵ_r et ϵ_0 ?
8. Donner alors l'expression de la capacité du condensateur par unité de surface.
9. Quelle est l'énergie stockée par unité de surface ?

III. Le tétrachlorure de carbone (CCl₄) dans un champ électrique :

Le tétrachlorure de carbone est un liquide dont la permittivité relative vaut $\epsilon_r = 2.23$. Le liquide contient $N = 6.2 \cdot 10^{27}$ molécules/m³ et chaque molécule possède $n = 74$ électrons. Les électrons de masse m sont élastiquement liés avec une fréquence propre ν_0 . Un champ électrique constant $E_0 = 10^7$ V/m est appliqué au liquide.

1. Exprimer et calculer la polarisation P du liquide.
2. Exprimer et calculer le moment dipolaire p d'une molécule.
3. Exprimer et calculer le déplacement x_0 d'un électron.
4. A partir du bilan des forces, exprimer le déplacement x_0 des électrons en fonction du champ local $E_{loc} = E_0 + P/3\epsilon_0$.
5. Calculer alors la fréquence propre ν_0 des électrons.

On fait maintenant osciller le champ électrique local à la fréquence propre des électrons. Le mouvement des électrons est amorti par une force $f = -m \beta dx/dt$.

6. Exprimer le déplacement $x(\nu_0)$ des électrons à la résonance.
7. Calculer le rapport des amplitudes de $x(\nu_0)/x_0$ sachant que $\beta = 10^{10} \text{ s}^{-1}$.

On donne : $\epsilon_0 = 8.8510^{-12}$ F/m, $e = 1.610^{-19}$ C, $m = 9.1 \cdot 10^{-31}$ Kg.