

Examen

Exercice 1

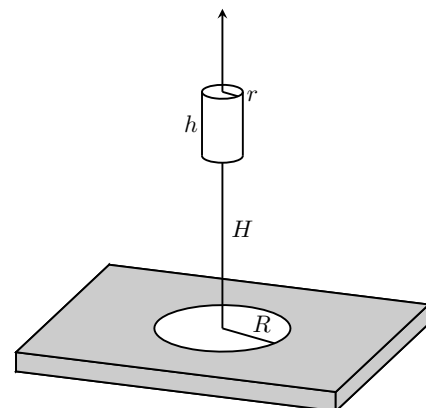
Un plan infini est chargé uniformément avec une densité superficielle de charge σ_0 . Le plan a un trou circulaire de rayon R .

a) Calculer le champ électrique $\vec{E}(z)$ le long de l'axe vertical qui passe par le centre du trou (figure).

On place un cylindre d'hauteur h , rayon r , et constante diélectrique K , à une distance $H \gg h, r$ et de manière coaxiale avec le trou (figure).

b) Calculer la distribution de charge et la charge totale de polarisation.

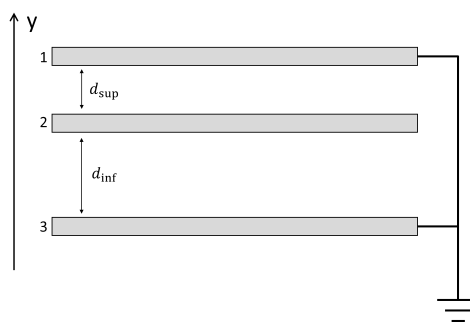
c) Calculer la force subie par le cylindre du à l'effet du champ électrique du plan avec trou.



Indications : $\int \frac{dx}{(1+x)^{3/2}} = -\frac{2}{(1+x)^{1/2}}$. Pour la question (b), on pourra supposer que le champ électrique est constant dans le cylindre.

Exercice 2

Trois plaques conductrices 1, 2, et 3, de surface $S = 1 \text{ m}^2$ et épaisseur négligeable, sont situées parallèlement comme dans la figure. Les plaques extérieures 1 et 3 sont connectées à la terre. La plaque intérieure 2 est à une distance $d_{\text{sup}} = 1 \text{ mm}$ de la plaque supérieure 1, et à une distance $d_{\text{inf}} = 3 \text{ mm}$ de la plaque inférieure 3. La plaque intérieure 2 est isolée et chargée avec $Q = 12 \text{ } \mu\text{C}$.



a) Montrez, en appliquant la loi de Gauss, que le champ électrique entre les plaques 2 et 3 vaut $\vec{E}_{\text{inf}} = -(\sigma_{\text{inf}}/\epsilon_0)\vec{e}_y$, avec $\vec{e}_y$ le vecteur unitaire selon y et σ_{inf} la densité superficielle de charge sur la partie inférieure de la plaque 2.

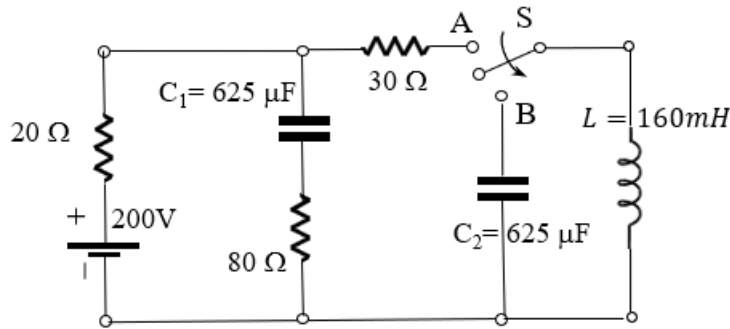
b) Calculer les différences de potentiel $V_1 - V_2$ et $V_3 - V_2$ en fonction des densités superficielles de charge.

c) Déterminer numériquement toutes les densités superficielles de charge dans les plaques et le potentiel V_2 .

Exercice 3

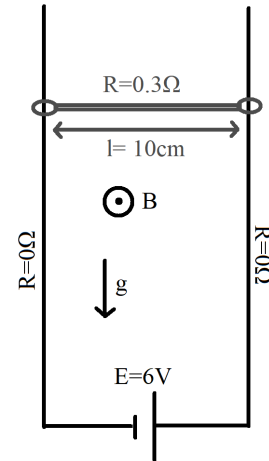
Considérer le circuit dans la figure, avec les valeurs des différents éléments indiquées. Pour $t < 0$ le circuit est en régime stationnaire, avec l'interrupteur S dans la position A, et le condensateur C2 déchargé. A $t = 0$ on commute l'interrupteur S sur la position B. Déterminer, pour $t > 0$:

- la tension sur le condensateur C1, $V_{C1}(t)$,
- le courant à travers l'inducteur L, $i_L(t)$,
- le temps t pour lequel l'énergie stockée dans la bobine est nulle.



Exercice 4

Une barre conductrice de longueur $l = 10$ cm, masse $m = 25$ g, et résistance $R = 0.3 \Omega$ a ses deux extrémités attachées à deux guides parallèles de résistances négligeable disposées verticalement. La barre reste toujours horizontale et peut glisser sans frottement le long des guides. Les extrémités inférieures des guides sont connectées aux bornes d'une batterie de force électromotrice 6 V et le circuit se trouve immergé dans un champ magnétique d'amplitude constante B_0 et perpendiculaire au plan du circuit. Les extrémités supérieures des guides se prolongent à l'infini. La barre à une vitesse initiale nulle.



- Trouver quelle valeur devrait avoir le champ B_0 pour que la barre reste à l'équilibre.
- Pour une valeur de champ magnétique B_0 arbitraire, établir l'équation du mouvement de la barre.
- Quelle est la vitesse terminale de la barre (vitesse après un temps infini) si $B_0 = 0.8$ T ?

Exercice 5

Le champ électrique associé à une onde électromagnétique a la forme :

$$\vec{E} = -E_0 \sin(kz - \omega t) \vec{e}_x + E_0 \cos(kz - \omega t) \vec{e}_y$$

Cette onde se propage avec une fréquence de 1 GHz dans l'air, que l'on assimile au vide.

a) Quelle est la direction de propagation de l'onde ? Déterminer les valeurs de la longueur d'onde et de la vitesse de propagation.

b) Ecrire la forme du champ $\vec{B}$ de l'onde.

c) Calculer le vecteur de Poynting associé à cette onde. Déterminer l'amplitude de $\vec{E}$ et $\vec{B}$ en sachant que l'intensité moyenne du signal amené par l'onde est de 5 mW/m^2 .

On place une lame métallique parfaitement réfléchissante, de forme carrée de côté 10 m et placée perpendiculairement à la direction de propagation de l'onde.

d) Calculer la force que l'onde exerce sur la lame.

On ouvre au centre de la lame une fente d'épaisseur $D = 1 \text{ m}$. On veut cuire une graine de maïs pour popcorn qui est collée sur un écran derrière la fente. L'écran est à une distance H de la fente. La graine est à une distance $L = 3 \text{ m}$ perpendiculairement à l'axe de la fente sur l'écran.

e) Calculez la valeur de H pour que l'intensité de l'onde arrivant sur la graine soit maximale.