

Examen

Exercice 1

Une sphère de rayon $2R$ ($R = 10$ cm) centrée en $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ est constituée d'un matériau non-conducteur qui a une densité volumique de charge constante $\rho = +1000$ e/cm³. Une cavité sphérique de rayon R centrée en $(x, y, z) = (0, R, 0)$ est excavée à l'intérieur de la sphère, comme indiqué dans la figure ci-dessous (l'axe z est perpendiculaire au plan de la feuille).

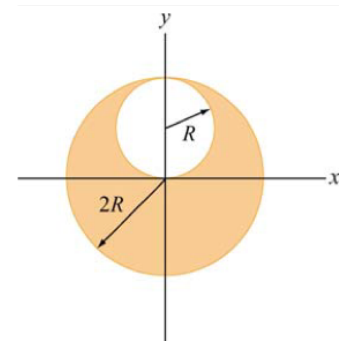
a) Représenter qualitativement les lignes de champ électrique à l'intérieur de la cavité et à l'extérieur de la sphère.

b) Calculer l'amplitude et direction du champ électrique à l'intérieur de la cavité en $(x, y, z) = (0, 0, 0)$, $(0, R, 0)$, et $(0, 2R, 0)$.

c) Calculer l'intensité de la force à laquelle est soumise une charge $q_0 = -30e$, placée au centre de la cavité.

d) Quelle est la direction de cette force ?

Rappel : $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ C²/(Nm²) ; $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C.



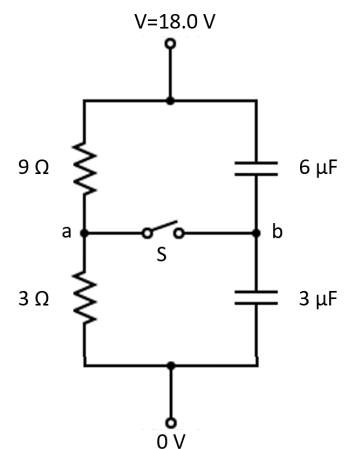
Exercice 2

Considérer le circuit dans la figure.

a) Quelle est la valeur de la différence de potentiel entre les points a et b ? Quel point, a ou b , est à un potentiel supérieur ?

b) Quelle est la valeur finale du potentiel au point b un temps très long après que l'interrupteur S est fermé ?

c) Déterminer le temps caractéristique pour la rééquilibration de la charge entre les deux branches du circuit (ce qui correspond à un courant nul entre les points a et b) après la fermeture de S .



Exercice 3

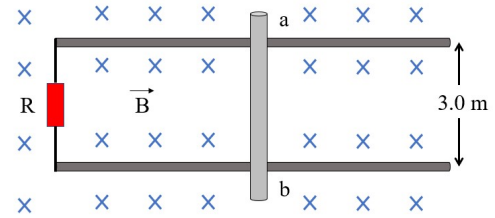
Vous voulez créer une machine pour le fitness à partir d'un système fait par le circuit dans la figure. La barre verticale ab , de longueur 3 m, peut bouger sans frottement mécanique, poussée périodiquement à gauche et à droite par la personne qui veut faire du fitness avec une vitesse qui a une valeur quadratique moyenne $v_{rms} = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$ de 3 m/s (ici $\langle \rangle$ indique la moyenne temporelle). La personne pousse la barre avec

des gants isolants. Le champ magnétique dans lequel le circuit est immergé est uniforme et a une intensité de 0.95T. Toute la résistance du circuit formé est supposée constante et donnée par R. On néglige les effets d'auto-induction ainsi que la gravité.

a) Dans quel sens circule le courant électrique dans la barre lorsque la personne pousse la barre vers la gauche ? Justifier.

b) Déterminer la valeur de la résistance R pour que la puissance moyenne exercée par la personne qui fait du fitness soit de 250W.

c) En supposant que l'excursion totale de la barre pendant les oscillations est de 60cm, quelle est la fréquence du mouvement gauche-droite des bras de la personne qui fait du fitness ?



Exercice 4

On place une antenne formée par un circuit de forme carrée, de côté $\lambda/2$, disposé sur le plan xy, pour détecter une onde électromagnétique plane polarisée le long de y , se propageant le long de x , et ayant une longueur d'onde λ et une amplitude de champ électrique E_0 . Calculer le signal détecté, en termes de la force électromotrice générée dans le circuit :

- par le champ électrique de l'onde ;
- par le champ magnétique de l'onde.
- Comparer les deux résultats et discuter de la raison pour laquelle ils sont identiques.

Exercice 5

Les ondes d'une station radio peuvent arriver à un appareil de réception dans une maison par deux chemins : un est la ligne droite entre l'antenne d'émission de la station radio et la maison, qui sont séparées d'une distance de 30 km ; l'autre est par réflexion de la ionosphère (la couche d'air ionisé au-dessus de l'atmosphère). Assumer que la réflexion sur la ionosphère se fait à mi-chemin entre la station d'émission et la maison, et que cette réflexion ne donne pas lieu à des changements de phase. La fréquence d'émission est de 857 kHz. Vous remarquez que vous avez de la peine à détecter le signal radio avec votre appareil de détection, qui pourtant fonctionne parfaitement bien. On néglige la courbure de la Terre.

- Expliquer brièvement et qualitativement le phénomène qui peut réduire le signal détecté par votre appareil radio.
- Déterminer l'altitude minimale de la couche réfléchissante de la ionosphère pour que l'amplitude du signal radio reçu par votre appareil soit minimal.
- En supposant une hauteur de la ionosphère arbitraire, calculer l'amplitude maximale théorique du champ magnétique qui pourrait arriver chez vous en supposant que la puissance des ondes émises par la station radio est de 10kW.

Note : la perméabilité magnétique dans l'air peut être approximée par celle du vide : $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ H/m}$.