Sujet n°1

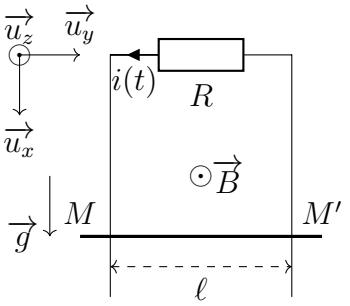
Question de cours.

Plan infini chargé uniformément en surface.

1. Déterminer la forme du champ électrostatique.
2. Déterminer la parité de la composante du champ.
3. Énoncer le théorème de Gauss.
4. Établir l'expression du champ électrostatique en tout point de l'espace.

Exercice n°1 Rails de Laplace verticaux

Sur deux rails conducteurs fixes, constitués de deux tiges verticales et parallèles distantes de ℓ, glisse sans frottement une tige horizontale MM', de masse m, grâce à deux contacts glissants M et M'. On considère que l'axe Ox du repère est parallèle aux tiges verticales et l'axe Oy est parallèle à la tige MM'.
On négligera les résistances de la tige MM' et des rails, ainsi que le champ propre produit par les courants induits.
On produit un champ magnétique $\overrightarrow{B} = B\overrightarrow{u_z}$ uniforme et permanent, normal au plan du circuit formé par la tige MM' et les rails.
On note $\overrightarrow{g} = g\overrightarrow{u_x}$ l'accélération de la pesanteur.



Les extrémités supérieures des rails sont reliées à un résistor de résistance R. La tige MM' est abandonnée sans vitesse à l'instant $t = 0$. On désignera par $v(t)$ la norme de la vitesse de la tige et $i(t)$ l'intensité du courant dans le circuit à l'instant t.

Q1. Étudier qualitativement l'évolution du système.

Q2. Établir l'équation électrique du montage.

Q3. Établir l'équation mécanique du système.

Q4. En déduire l'équation différentielle en $i(t)$ puis celle en $v(t)$. Montrer que i et v tendent vers une valeur limite que l'on précisera.

Q5. Déterminer complètement les expressions de $i(t)$ et de $v(t)$.

Q6. Établir le bilan de puissance. Comparer la puissance de la force de Laplace et la puissance électrique de la fem induite. Conclure sur la conversion électromagnétique.

Exercice n°2 Réchauffer une baguette

On réchauffe une baguette de pain de 50 cm de long et de rayon $R = 3,0$ cm, modélisée par un cylindre infini, dans un four à micro-ondes. La puissance du four est de 800 W mais seule 60% de cette puissance est transmise à la baguette de manière uniforme. La conductivité thermique du pain est $\lambda = 0,50$ SI. La température à l'intérieur du four est constante : $T_f = 300$ K. Calculer la température au centre du pain.

Sujet n°2

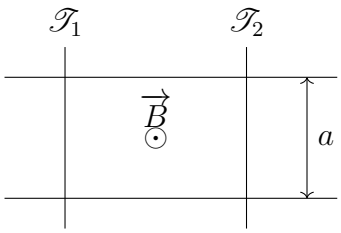
Question de cours. Analogie gravitationnelle.

1. Mener l'analogie électrostatique / gravitationnelle.
2. Énoncer le théorème de Gauss pour la gravitation.
3. Exprimer le champ gravitationnel créé par la Terre de rayon R_T, de masse M_T dont on suppose la masse répartie uniformément en volume (masse volumique μ), en tout point de l'espace.

Exercice n°1 Rails de Laplace couplés

On considère deux barreaux $\mathscr{T}_1$ et $\mathscr{T}_2$ de résistance R et de masse m posés sur un rail et plongés dans un champ magnétique uniforme B.

À $t = 0$, on applique à $\mathscr{T}_1$ une vitesse v_0.



Q1. Mener une analyse physique de l'évolution du système.

Q2. Établir les équations couplées vérifiées par $v_1(t)$ et $v_2(t)$, on fera apparaître la grandeur $\dfrac{mR}{(aB)^2}$.

Q3. Établir les expressions de $v_1(t)$ et de $v_2(t)$.

Q4. Vérifier que la conversion d'énergie est parfaite.

Exercice n°2 Température d'une cuillère

Une cuillère est plongée dans un thé. Une partie de son manche échange par convection avec l'air ambiant. Le coefficient de convection vaut $h = 5\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}}$. Quelle est la température de l'extrémité de la cuillère ? On considèrera successivement le cas d'une cuillère en bois ($\lambda = 0,15\ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$) et d'une cuillère en aluminium ($\lambda = 240\ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$).

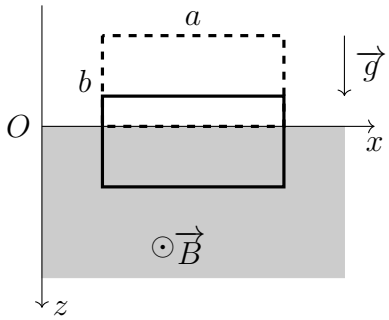
Sujet n°3

Question de cours. Cylindre uniformément chargé en volume.

1. Déterminer la forme du champ électrostatique.
2. Énoncer le théorème de Gauss.
3. Établir l'expression du champ électrostatique en tout point de l'espace.

Exercice n°1 Freinage par induction

La plupart des manèges des parcs d'attraction utilisent des dispositifs de freinage inductif en plus du freinage par friction. On modélise dans cet exercice une attraction proposant aux passagers d'une cabine d'ascenseur de tomber en chute quasi-libre pendant quelques secondes avant d'être brutalement freinés. La première étape du freinage est magnétique.



Dans le châssis de la cabine d'ascenseur est placée un bobinage conducteur modélisé par une unique spire rectangulaire de côtés a et b, de masse m et de résistance R. Dans le demi-espace $z > 0$ règne un champ magnétique $\overrightarrow{B}$ uniforme et permanent.

À l'instant $t = 0$, la cabine se trouve dans la situation représentée en pointillés sur la figure ci-contre où $z = 0$, sa vitesse valant alors $\overrightarrow{v} = v_0\overrightarrow{u_z}$.

À $t > 0$, sa position est repérée par la cote z du bas de la spire. Elle est représentée en trait plein.

Pour simplifier, les frottements de l'air seront négligés dans tout l'exercice.

Q1. Analyser physiquement les phénomènes mis en jeu.

Q2. Établir l'équation mécanique, l'équation électrique.

Q3. En déduire l'équation différentielle portant sur la vitesse v de la cabine.

Q4. Résoudre cette équation. Que se passe-t-il lorsque $z = b$?

Q5. Justifier qu'un freinage magnétique ne peut pas suffire à arrêter la cabine d'ascenseur.

Exercice n°2 Cuisson d'une dinde

Une dinde de 3 kg cuit au four pendant 3 heures. À quelle heure devrez-vous mettre une dinde de 5 kg au four pour qu'elle soit cuite à 14h ?