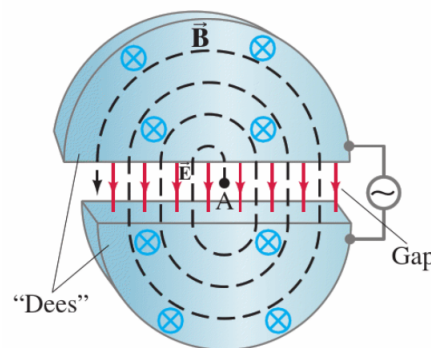


Exercices - Série 8

1. : Cyclotron - niveau 1

Un cyclotron est un appareil utilisé pour accélérer des particules élémentaires à haute vitesse. Les particules injectées avec une vitesse initiale au point A sur la figure parcourent des orbites circulaires dans le champ magnétique B . Elles sont accélérées à des vitesses de plus en plus élevées par le champ électrique E présent dans l'intervalle entre les deux demi-cylindres métalliques (appelés "Dee" à cause de leur forme en D). La direction de E change lors de chaque demi-cycle dû à une tension sinusoïdale $V(t) = V_0 \sin(2\pi ft)$ ce qui permet d'accélérer les particules lors de chaque passage à travers l'intervalle.



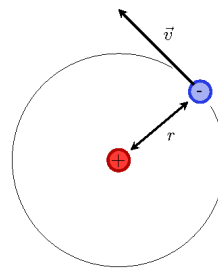
- Montrez que la fréquence f doit valoir $f = \frac{qB}{2\pi m}$, où q est la charge des particules et m leur masse.
- Calculez l'énergie cinétique gagnée par les particules lors de chaque cycle en fonction de V_0 (on admet que la tension est constant au maximum V_0 pendant l'accélération).
- L'Hôpital Universitaire de Genève (HUG) utilise un cyclotron pour produire des éléments radioactifs qui sont utilisés à des fins d'imagerie médicale. Pour visualiser les cellules cancéreuses, ils souhaitent produire du fluore-18 en bombardant de l'oxygène-18 avec des protons accélérés à une énergie de 11 MeV.

Si le champ magnétique dans le cyclotron est $B = 0.6$ T, quel est le rayon minimal (donc la taille du cyclotron) nécessaire pour accélérer les protons à l'énergie souhaitée ?

Rappel : La force centripète lors d'un mouvement circulaire avec vitesse v et rayon r est $F = mv^2/r$.

2. Magnétisme de la matière - niveau 1

Pour comprendre l'origine du magnétisme dans la matière, considérons un modèle simple de l'atome : un électron orbite le noyau à une vitesse v et un rayon r .



- Trouvez le courant i associé au mouvement de l'électron et le moment magnétique μ qui en résulte.
- Trouvez le moment cinétique L de l'électron.

Un des résultats de la mécanique quantique est que le moment cinétique est 'quantisé'. Sa norme doit toujours être un multiple entier d'une certaine constante physique $\hbar$ (constante de Planck réduite) : $L = n\hbar$.

- Montrez que μ est alors également quantisé, $\mu = n\mu_B$, et déterminez la constante μ_B ('magnéton de Bohr').

1. crédit : Dr. J. Loizu, Prof. A. Fasoli

3. Expérience risquée ? - niveau 2

Pendant la démonstration de la loi de Faraday à sa classe, une professeure bouge une bague en or sur son doigt d'un endroit avec un champ magnétique $B = 0.8 \text{ T}$ vers un endroit à champ nul, en un temps $\Delta t = 45 \text{ ms}$. La bague a un diamètre de 1.5 cm , une résistance $R = 55 \mu\Omega$ et une masse $m = 15 \text{ g}$. La chaleur spécifique de l'or est $c_{Au} = 129 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$. On suppose que l'orientation de la bague est perpendiculaire au champ, tel que le flux à travers elle est maximal.

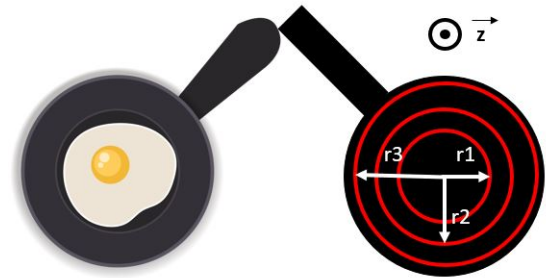


- Estimez l'énergie thermique produite par le courant induit dans la bague.
- Calculez la hausse de température ΔT de la bague. Pensez-vous que la professeure regrette de l'avoir portée ?

Indication : Utilisez la formule $\Delta U = c \cdot m \cdot \Delta T$, où U est l'énergie interne de l'objet.

4. Poêles - niveau 2

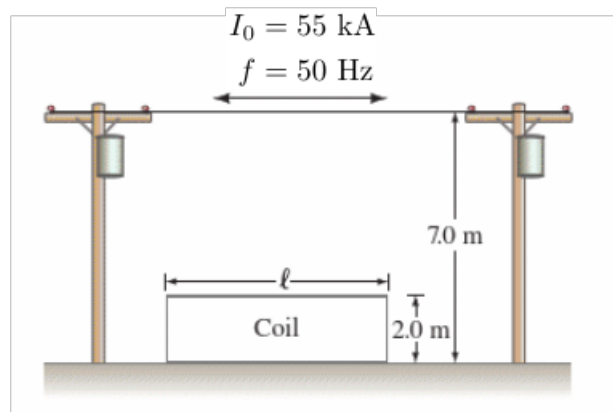
On suppose qu'une poêle est chauffée par induction grâce au dispositif suivant. La poêle est immergée dans un champ magnétique B uniforme, perpendiculaire à la poêle, et d'amplitude variable dans le temps, avec $B_z(t) = B_0 \cos(\omega t)$, $B_0 = 0.01 \text{ T}$ et $\omega = 20 \text{ kHz}$. La surface de la poêle contient 3 fils circulaires en cuivre (resistivité $\rho = 1.68 \times 10^{-8} \text{ Ohm}\cdot\text{m}$) avec un rayon de section $a = 0.1 \text{ mm}$ et de rayons des cercles $r = 3 \text{ cm}$, 6 cm , 9 cm respectivement (voir figure).



- Calculer la f.e.m. induite dans chaque fil.
- Calculer le courant induit dans chaque fil.
- Calculer la puissance moyenne dissipée par chaque fil.

5. Il fallait y penser... - niveau 3

Une ligne de transmission électrique est parcourue par un courant sinusoïdal de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$ et d'amplitude $I_0 = 55 \text{ kA}$. La ligne passe à travers les terres d'un paysan, à une hauteur $h = 7 \text{ m}$ du sol. Le paysan a l'idée de placer une bobine rectangulaire sous la ligne et d'utiliser le courant induit pour faire fonctionner une machine qui nécessite une tension sinusoïdale $V_0 = 170 \text{ V}$ à une fréquence de 50 Hz . La bobine aurait une hauteur de 2 m et serait composée de 10 tours.



- Quelle doit être la longueur l de la bobine ?
- Est-il moralement acceptable d'installer un tel dispositif sous une ligne de transmission publique ?