

PHYSQ 126 LEC B2
Examen final
Hiver 2008

Nom **SOLUTIONS**

Numéro d'identification _____

Instructeur Marc de Montigny

Horaire Jeudi, 17 avril 2008, de 9 h à midi
Lieu Gymnase du Campus Saint-Jean, rangée 3

Instructions

- Ce cahier contient 11 pages. Vous y écrirez directement vos réponses.
- Matériel permis: crayons ou stylos, calculatrices (programmables et graphiques permises). Les assistants numériques (en anglais, *PDAs*) sont interdits, de même que tout système de communication.
- Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit. Les assistants numériques (en anglais, *PDAs*) sont interdits.
- Cet examen vaut 45% de la note finale du cours. Il compte 45 points.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire que vous aurez complété. Vous perdrez 10/45 si vous ne retournez pas l'aide-mémoire avec l'examen ou si vous y avez inclus des solutions.
- L'examen contient 10 problèmes. Pour chacun, il est possible d'obtenir une partie des points même si la réponse finale n'est pas correcte. Soyez clairs et précis.
- Vous pouvez utiliser le verso des pages pour vos calculs. Je ne les corrigerai pas, sauf si vous m'indiquez de le faire.

Si quelque chose n'est pas clair, demandez-le moi !

P-1. Potentiel électrique de charges ponctuelles [5.0 points]

Une charge positive $+q_1$ est située à la gauche d'une charge négative $-q_2$. Sur la ligne droite passant par ces deux charges, il y a deux points où le potentiel électrique total est égal à zéro. Un de ces points est situé entre les charges (mais pas nécessairement au milieu), à 4.0 cm à gauche de la charge $-q_2$. Le second point se trouve à 7.0 cm à droite de la charge $-q_2$.

- A. Quelle est la distance entre les deux charges? **[3.0 points]**
B. Que vaut le rapport des charges q_1 / q_2 ? **[2.0 points]**

SOLUTION

A. Au point 1 (à 4 cm à gauche de $-q_2$), le potentiel est donné par

$$V = \frac{kq_1}{d-4} - \frac{kq_2}{4} = 0, \text{ qui donne } \frac{q_1}{q_2} = \frac{d-4}{4} \quad (1)$$

Au point 2 (7 cm à droite de $-q_2$), le potentiel vaut

$$V = \frac{kq_1}{d+7} - \frac{kq_2}{7} = 0, \text{ d'où } \frac{q_1}{q_2} = \frac{d+7}{7} \quad (2)$$

Les équations (1) et (2) mènent au résultat $d = \frac{56}{3} \text{ cm} = 18.7 \text{ cm.}$

B. De (2), nous trouvons, $\frac{q_1}{q_2} = \frac{56/3}{7} + 1 = \frac{11}{3} \text{ cm} = 3.67 \text{ cm.}$

P-2. Diélectrique et énergie électrique [4.0 points]

Deux sphères métalliques concentriques ont des rayons de 15.0 cm et 15.2 cm, respectivement. La sphère de 15.0 cm a un potentiel électrique égal à 85 V, et la sphère de 15.2 cm a un potentiel de 82 V. Si la région contenue entre ces deux sphères est remplie de téflon (constante diélectrique $\kappa = 2.1$), quelle est l'énergie électrique totale emmagasinée dans cette région? (Rappel : $V_{\text{sphere}} = \frac{4}{3}\pi R^3$)

SOLUTION

$$U_E = u_E \times (\text{volume}) \quad \text{où} \quad \text{volume} = \frac{4\pi R_2^3}{3} - \frac{4\pi R_1^3}{3} = \frac{4\pi}{3} (0.152^3 - 0.15^3), \quad \text{et}$$

$$u_E = \frac{1}{2} \kappa \epsilon_0 E^2, \text{ où } E = \frac{\Delta V}{\Delta s} = \frac{3}{0.002} \text{ V/m. Nous trouvons ainsi}$$

$$U_E = \frac{1}{2} \kappa \epsilon_0 \left(\frac{\Delta V}{\Delta s} \right)^2 \times (\text{volume}) = 1.20 \times 10^{-8} \text{ J} = 12.0 \text{ nJ}$$

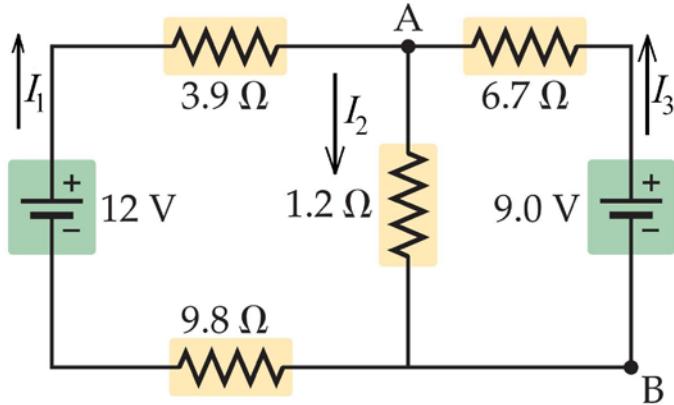
Une autre solution consiste à utiliser

$$U_E = \frac{1}{2} C V^2 \text{ où } C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} \text{ avec } A = \frac{\text{volume}}{d}$$

P-3. Lois de Kirchhoff [4.0 points]

Considérez le circuit ci-dessous, alimenté par deux piles et contenant trois branches. En utilisant les lois de Kirchhoff, écrivez, sans résoudre les équations,

- A. l'équation qui relie I_1 , I_2 , et I_3 , [1.0 point]
- B. l'équation découlant de la loi des boucles pour celle de gauche, et [1.5 points]
- C. l'équation découlant de la loi des boucles pour le périmètre. [1.5 points]



SOLUTION

A. $I_1 + I_3 = I_2$

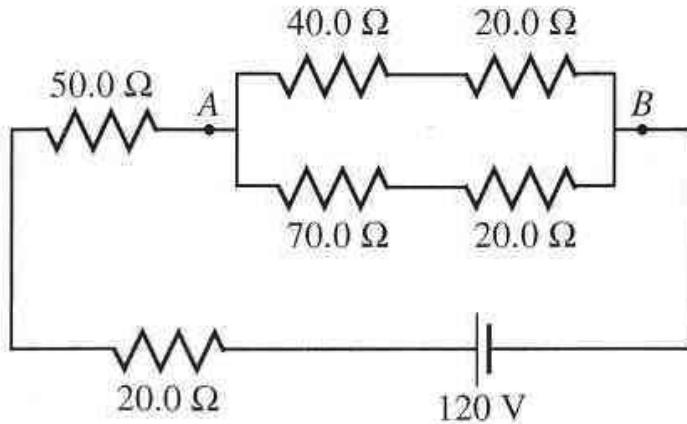
B. $12 - 3.9I_1 - 1.2I_2 - 9.8I_1 = 0$

C. $12 - 3.9I_1 + 6.7I_3 - 9 - 9.8I_1 = 0$

P-4. Circuits électriques [6.5 points]

Considérez le circuit électrique ci-dessous.

- A. Que vaut la résistance équivalente de ce circuit? [1.0 point]
- B. Que vaut le courant qui circule dans la pile? [1.0 point]
- C. Quelle est la différence de potentiel entre les points A et B? [1.5 points]
- D. Quels sont les courants qui circulent dans chacune des deux branches (c.-à-d. supérieure et inférieure) entre les points A et B? [2.0 points]
- E. Quelle est la puissance dissipée dans la résistance de $40\ \Omega$? [1.0 point]



SOLUTION

A. $20 + 50 + \left((40 + 20)^{-1} + (70 + 20)^{-1} \right)^{-1} = 106\ \Omega$

B. $I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{120}{106} = 1.13\ A$

C. $R_{AB} = \left(60^{-1} + 90^{-1} \right)^{-1} = 36\ \Omega; V_{AB} = R_{AB}I = 40.8\ V$

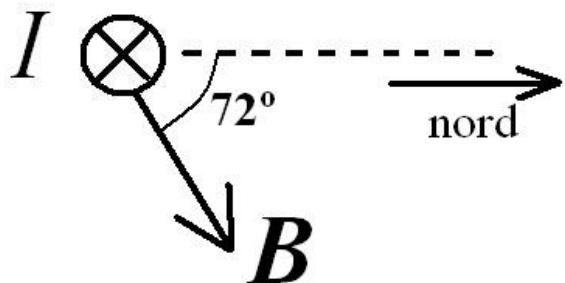
D. $I = I_s + I_i; \quad V_s = V_i; \quad 60I_s = 90I_i \text{ donnent } I_s = 0.679\ A, I_i = 0.453\ A$

E. $P = R_{40}I_s^2 = 18.5\ W$

P-5. Force magnétique sur un courant [3.5 points]

Un câble droit est aligné dans la direction est-ouest à un endroit où le champ magnétique terrestre a une grandeur de 4.80×10^{-4} T et une direction de 72° sous l'horizontale, pointant vers le nord. Le câble est parcouru par un courant I vers l'ouest. La force magnétique par unité de longueur exercée sur le câble vaut 0.020 N/m.

- A. Quelle est la direction de la force magnétique sur le câble? [1.5 points]
B. Quel est le courant I ? [2.0 points]



SOLUTION

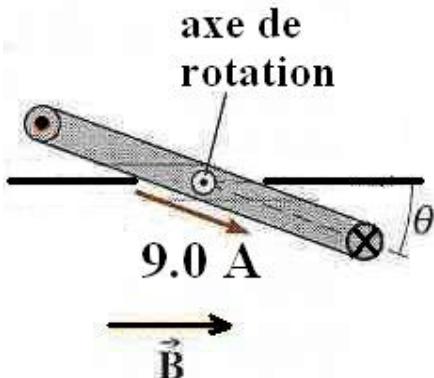
A. 18 degrés sous l'horizontal en direction sud

B. $I = \frac{F / L}{B \sin \theta} = 41.7 \text{ A}$

P- 6. Moment de force magnétique [4.0 points]

Une boucle carrée de côté 60 cm transporte un courant de 9.0 A, et elle fait un angle $\theta = 20^\circ$ avec l'horizontale, tel que montré ci-dessous. Un champ magnétique horizontal de grandeur $B = 1.3$ T est appliqué.

- A. Quelle est la direction du moment magnétique $\vec{\mu}$? [0.5 point]
- B. Quelle est la grandeur du moment magnétique $\vec{\mu}$? [1.0 point]
- C. Quel est la grandeur du moment de force $\vec{\tau}$? [1.5 points]
- D. Sous l'action du champ magnétique, la boucle aura-t-elle tendance à tourner autour de l'axe de rotation dans le sens horaire ou anti-horaire? [1.0 point]



SOLUTION

- A. Le moment magnétique pointe vers le haut à 70 degrés au dessus de l'horizontale, sur le schéma ci-dessus.
- B. $\mu = NIA = 3.24 \text{ Am}^2$
- C. $\tau = \mu B \sin \theta = 3.96 \text{ Nm}$
- D. horaire

P- 7. Induction électromagnétique [4.5 points]

Une fém est induite dans une boucle de fil conducteur de longueur 1.12 m pendant que sa forme est changée d'un carré à un cercle. Supposez que le processus (c.-à-d. la déformation de carré à cercle) dure 4.25 sec. Un champ magnétique externe constant et uniforme de grandeur 0.105 T est perpendiculaire au plan de la boucle.

- A. Quelle est la grandeur de la fém induite? **[2.5 points]**
B. Si la boucle a une résistance de 2Ω , que vaut I_{induit} ? **[1.0 point]**
C. En supposant que la boucle soit dans le plan de cette page et que le champ magnétique externe entre dans la page, est-ce que I_{induit} circulera dans le sens horaire ou anti-horaire? **[1.0 point]**

SOLUTION

A. $\mathcal{E} = \frac{B(A_{\text{cercle}} - A_{\text{carre}})}{\Delta t} = 0.529 \text{ mV}$

B. $I_{\text{ind}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ind}}}{R} = 0.265 \text{ mA}$

C. Le flux croît, B induit opposé à B, B induit sortant **I induit anti-horaire**

P- 8. Générateur électrique [3.5 points]

On veut construire un générateur électrique qui produira une fém maximale de $\mathcal{E}_{\max} = 170$ V avec une vitesse angulaire de 3600 tours par minute. Chaque boucle circulaire du générateur a une aire de 0.016 m^2 .

- A. Si le champ magnétique utilisé pour construire ce générateur a une grandeur égale à 0.05 T, combien d'enroulements de fils sont nécessaires? **[1.0 point]**
- B. Ce générateur est ensuite branché en série avec une résistance de $R = 12 \Omega$ et un condensateur dont $C = 80 \mu\text{F}$. Que vaut alors l'impédance Z ? **[2.0 points]**
- C. Quel courant maximal I_{\max} passe par les éléments du circuit? **[0.5 point]**

SOLUTION

A. $N = \frac{\mathcal{E}_{\max}}{BA\omega} = 564$

B. $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C}\right)^2} = 35.3 \Omega$

C. $I_{\max} = \frac{V_{\max}}{Z} = 4.82 \text{ A}$

P- 9. Circuit RLC à courant alternatif [6.5 points]

Une source de fém à courant alternatif, de fréquence 50 Hz et de tension maximale $V_0 = 100$ V, est placée dans un circuit RLC en série, où $R = 9$ Ω , $L = 40$ mH et $C = 100$ μ F.

- A. Quelle est l'impédance Z de ce circuit? [1.5 points]
B. Quel est l'angle de phase ϕ ? [1.0 point]
C. Quelle est l'amplitude d'oscillation V_R de la tension aux bornes de la résistance, sachant qu'elle est donnée par $V_R = RI_0$, où $I_0 = \frac{V_0}{Z}$ (avec $V_0 = 100$ V) est l'amplitude du courant produit par la source? [1.0 point]
D. Même question pour l'amplitude V_C aux bornes du condensateur. [1.0 point]
E. Même question pour l'amplitude V_L aux bornes de la bobine. [1.0 point]
F. Est-ce que $V_0 = V_R + V_C + V_L$? Expliquez brièvement. [1.0 point]

SOLUTION

A. $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$; $X_L = 2\pi fL$, $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ donne $Z = 21.3$ Ω

B. $\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$ donne $\phi = -65.0$ degrés

C. $V_R = RI_0 = 42.3$ V

D. $V_C = X_C I_0 = 150$ V

E. $V_L = X_L I_0 = 59.1$ V

F. La somme de C, D et E est 251 V, qui est différent de V_0 . Seules les valeurs instantanées des tensions sont égales, pas les valeurs maximales, car les tensions ne sont pas en phase.

P- 10. Désintégration nucléaire [3.5 points]

Un médicament est calibré avec du $^{99}_{43}\text{Tc}$, dont la demi-vie est 6.05 heures.

- A. Quelle est la constante de désintégration de cet isotope, en s^{-1} ? **[1.5 points]**
- B. Combien de noyaux de $^{99}_{43}\text{Tc}$ sont requis afin de produire une activité de 1.50 μCi ?
(1 Ci = 3.7×10^{10} désintégrations par seconde) **[2.0 points]**

SOLUTION

A. $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = 3.18 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

B. $N = \frac{R}{\lambda} = 1.74 \times 10^9$

Passez de bonnes vacances d'été !

Marc de Montigny