

PHYSQ 126 LEC B1 - Fluides, champs et radiation
Examen final - Hiver 2010

Nom _____ **SOLUTIONS** _____

Numéro d'étudiant.e _____

Professeur Marc de Montigny
Date, heure Jeudi, 22 avril 2010, de 9h00 à midi
Lieu Gymnase de la Faculté Saint-Jean, rangée 3

Instructions

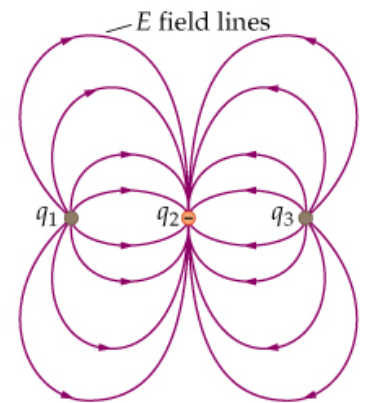
- Ce cahier contient **13 pages**. Écrivez-y directement vos réponses.
- L'examen vaut **40%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **10 questions courtes** (10 points) et **8 problèmes** (30 points). Vous pouvez obtenir une partie des points même si votre réponse finale est erronée. Expliquez de façon claire et précise, et encadrez votre réponse.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire, que vous aurez complété avec d'autres formules. Vous perdrez 10/40 si vous ne retournez pas l'aide-mémoire avec l'examen, ou si vous y avez inclus des solutions.
- Vous pouvez utiliser le verso des pages pour vos calculs. Je ne les corrigerai pas, sauf si vous m'indiquez de le faire.
- Matériel permis: crayons ou stylos, calculatrices (programmables et graphiques permises). Les assistants numériques (*PDA*s en anglais) et tout autre système de communication sont interdits.
- Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

Si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas à le demander !

Question 1. Lignes de champ électrique [1.0 point]

À la figure ci-contre, la charge q_2 est de *grandeur* égale à $5 \mu\text{C}$. Combien valent les charges q_1 et q_3 ? Indiquez aussi leurs *signes*.

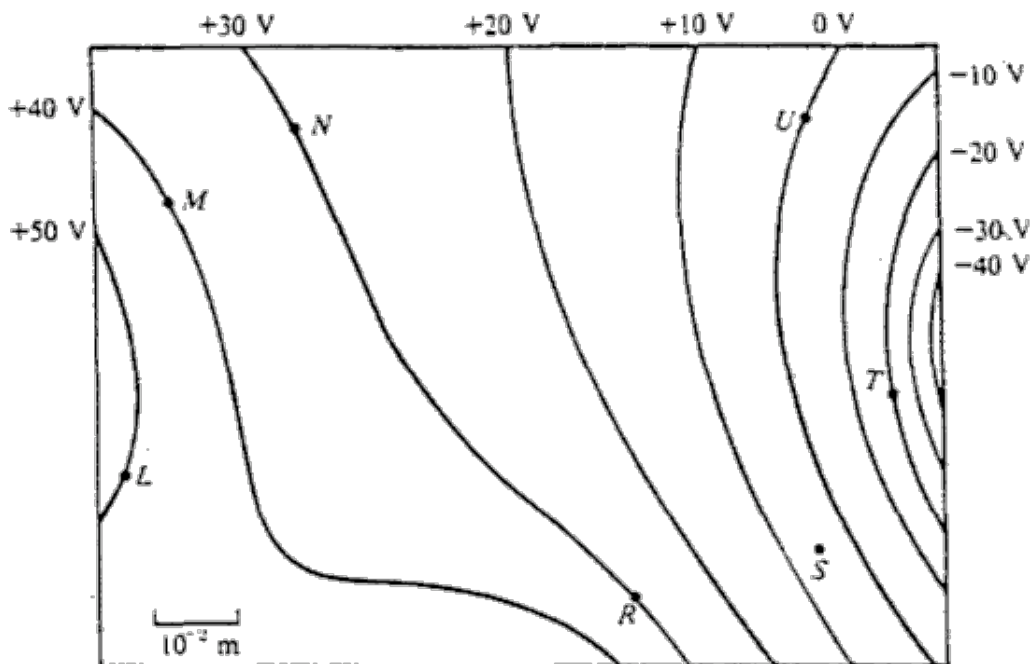
$q_1 = +2.5 \mu\text{C}, q_3 = +2.5 \mu\text{C}$



Question 2. Potentiel électrique [1.0 point]

La figure ci-dessous illustre des courbes équipotentielles électriques. Identifiez les deux points qui sont au même potentiel entre eux? Indiquez par une flèche la direction du champ électrique au point S ?

N et R ont un potentiel commun de $+30 \text{ V}$. À S , E pointe vers le haut et la droite



Question 3. Condensateur [1.0 point]

Combien d'énergie est emmagasinée dans un condensateur de $5.0 \mu\text{F}$ branché à une pile de 120 V ?

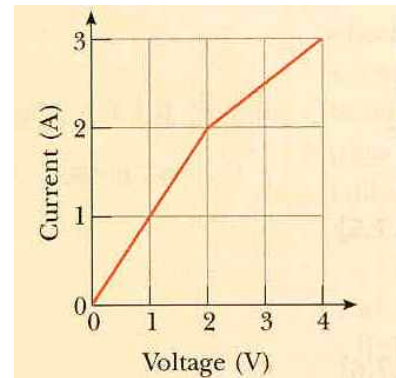
$$U = \frac{1}{2} CV^2 = 36 \text{ mJ}$$

Question 4. Résistance [1.0 point]

Quelle est la résistance de l'appareil dont le courant en fonction du voltage est donné à la figure ci-contre, lorsque le voltage est de 3 V ?

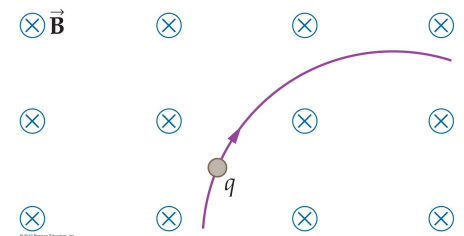
$$V = RI \text{ donne } R = V/I = 3/2.5$$

$$R = 1.2 \Omega$$



Question 5. Force magnétique [1.0 point]

Quel est le *signe* de la charge q de la particule ci-contre? Lorsque sa vitesse est telle qu'indiquée par la flèche, la trajectoire est déviée par le champ magnétique \mathbf{B} , qui entre dans la page.



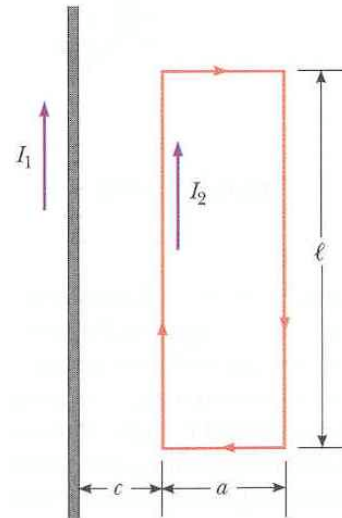
La charge q est **négative**, car la force est vers le bas à droite, tandis que le produit $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ est vers le haut à gauche.

Question 6. Force magnétique [1.0 point]

Quelle est la direction de la force totale sur le cadre ci-contre due au champ magnétique créé par le courant I_1 dans le fil de gauche? (Ne tenez pas compte de la force due aux autres côtés du cadre.)

Utilisez les relations $\vec{F}_B = I\vec{L} \times \vec{B}$ et $B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$ qui montrent que $F_{\text{gauche}} > F_{\text{droite}}$ car $B_{\text{gauche}} > B_{\text{droite}}$

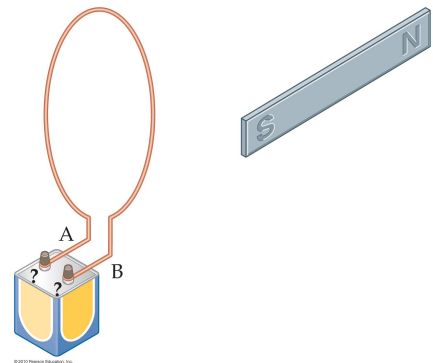
F_{nette} est vers la gauche



Question 7. Champ magnétique créé par une boucle de courant [1.0 point]

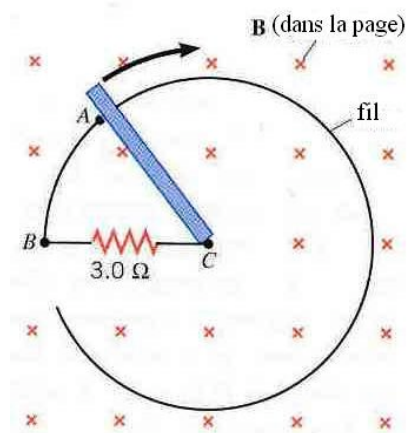
Une boucle de fil conducteur est branchée aux bornes d'une pile, tel qu'indiqué à la figure ci-dessous. Si l'aimant est repoussé par le champ magnétique créé par la boucle, laquelle des deux bornes, A ou B , est positive?

Pour repousser l'aimant, on veut un "aimant induit" opposé à l'aimant donné, avec N à gauche et S à droite; donc $\mathbf{B}_{\text{induit}}$ vers la gauche. Donc le courant se déplace dans la boucle de B vers A : la borne B est positive.



Question 8. Induction électromagnétique [1.0 point]

Une barre conductrice (entre les points A et C , ci-contre) glisse en tournant le long d'un fil circulaire à vitesse angulaire constante. La section BC et le reste du cercle ne bougent pas. Un champ magnétique uniforme entre dans la page. Un courant sera alors induit dans la boucle ABC . Ce courant induit circulera-t-il vers la gauche ou vers la droite dans la résistance de 3.0Ω ?



Le flux augmente, B_{induit} sort, I_{induit} anti-horaire

I_{induit} va vers la droite

Question 9. Générateur électrique [1.0 point]

On veut construire un générateur électrique qui doit créer une fém maximale de 120 V quand la boucle qu'il contient tourne à une vitesse angulaire de 350 rad/s . Si chaque enroulement de ce générateur a une surface de 0.01 m^2 , et que le champ magnétique utilisé est de 0.05 T , combien d'enroulements sont nécessaires?

De $\epsilon_{\text{max}} = NBA\omega$ on trouve $N = \frac{\epsilon_{\text{max}}}{BA\omega} = 686 \text{ tours}$

Question 10. Transformateur [1.0 point]

Un transformateur produit un voltage de 6.0 V à la bobine secondaire quand il y a un voltage de 120 V à la bobine primaire. Quel courant doit circuler dans la bobine primaire si la bobine secondaire est parcourue par un courant égal à 360 mA ?

De $\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$, on trouve $I_p = \frac{V_p I_s}{V_s} = 18 \text{ mA}$

Problème 1. Force et champ électriques [3.0 points]

Un objet de charge $-3.6 \mu\text{C}$ et de masse 12 grammes subit une force électrique verticale vers le haut, de même grandeur que son poids mg . Le champ électrique qui cause cette force est uniforme.

- A. Quelle est la direction du champ électrique? [0.5 point]
B. Quelle est la grandeur du champ électrique? [1.0 point]
C. Si on double la charge électrique de l'objet et que sa masse ne change pas, quelle est la *grandeur* de son accélération? Considérez les forces électrique et gravitationnelle. [1.0 point]
D. Quelle est la *direction* de l'accélération de l'objet en partie C? [0.5 point]

Solution

A. Comme la charge est négative, une force vers le haut implique un champ vers le bas

B. $E = \frac{F_E}{q} = \frac{mg}{q} = 3.27 \times 10^4 \text{ N/C}$

C. $ma = F_E - F_g = 2mg - mg \rightarrow a = g = 9.81 \text{ m/s}^2$

D. Vers le haut

Problème 2. Potentiel électrique [4.0 points]

Un électron ($m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg, $q_e = -1.60 \times 10^{-19}$ C) a une vitesse initiale égale à 2.30×10^6 m/s vers les x positifs.

A. Quelle différence de potentiel est requise pour réduire de moitié la vitesse de l'électron ? **[3.0 points]**

B. Dans quelle direction le potentiel augmente-t-il : vers les x positifs ou les x négatifs? **[1.0 point]**

Solution

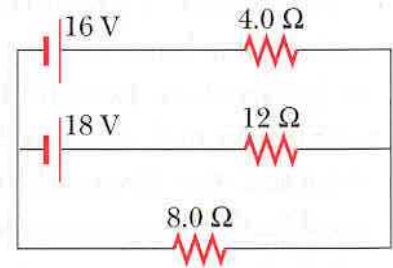
A. De la conservation de l'énergie, nous avons

$$\frac{1}{2}mv_i^2 + qV_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + qV_f \quad \text{d'où} \quad V_f - V_i = \frac{3mv_i^2}{8q} = 11.3 \text{ V}$$

B. \mathbf{a} (et \mathbf{F}_E) pointe vers x négatif; comme la charge est négative, la relation $\mathbf{F}_E = q\mathbf{E}$ indique que \mathbf{E} pointe vers x positif, donc, **V augmente vers les x négatifs.**

Problème 3. Lois de Kirchhoff [4.0 points]

Quel est le courant dans chacune des trois résistances de la figure ci-contre?



Solution (d'autres possibilités sont aussi bonnes)

Grande boucle : $16 - 4I_1 - 8I_3 = 0$ (1)

Boucle du haut : $18 - 12I_2 + 4I_1 - 16 = 0$ (2)

Loi des courants: $I_3 = I_1 + I_2$ (3)

de (3) dans (1) : $16 - 12I_1 - 8I_2 = 0$ (4)

$3 \times (2) + (4)$ donne $I_2 = 0.5 \text{ A}$

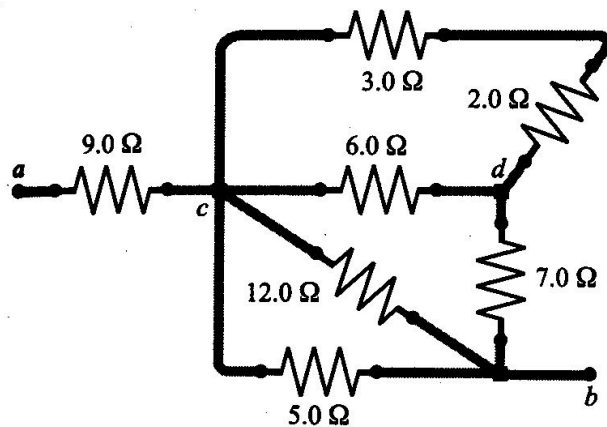
de (2), on a $I_1 = 1.0 \text{ A}$

et de (3), $I_3 = 1.5 \text{ A}$

Problème 4. Résistance équivalente

[3.5 points]

Quelle est la résistance équivalente au circuit ci-dessous, entre les points a et b ?



Solution

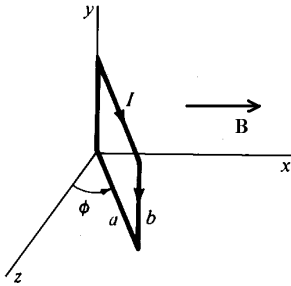
({(2 & 3 en série) & 6 en parallèle} & 7 en série) & 12 & 5 en parallèle) & 9 en série

$$9 + \left(5^{-1} + 12^{-1} + \left[7 + \left(6^{-1} + (2 + 3)^{-1} \right)^{-1} \right]^{-1} \right)^{-1} = 11.6\ \Omega$$

Problème 5. Moment de force sur une boucle de courant [4.0 points]

La figure ci-dessous illustre une boucle rectangulaire de base $a = 15 \text{ cm}$ et de hauteur $b = 9 \text{ cm}$. Elle est parcourue par un courant de 0.28 A dans le sens indiqué ci-dessous. La boucle ne compte qu'un seul enroulement. Elle est plongée dans un champ magnétique uniforme $\mathbf{B} = 0.090 \text{ T}$ qui pointe dans la direction des x positifs. Prenez l'angle $\phi = 17^\circ$.

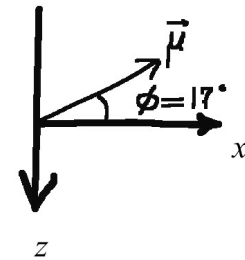
- A. Quel est la *grandeur* du moment magnétique $\vec{\mu}$? [1.1 points]
 B. Indiquez clairement la direction de $\vec{\mu}$. (En plus du schéma ci-dessous, vous pouvez expliquer votre réponse en termes d'un schéma vu du haut.) [0.7 point]
 C. Quelle est la grandeur du moment de force, $\vec{\tau}$, sur la boucle? [1.2 points]
 D. Le moment de force fera-t-il en sorte que l'angle ϕ augmente ou diminue? [1.0 point]



Solution

A. $\mu = NIA = 3.78 \times 10^{-3} \text{ A m}^2$

B. Dans le plan xz , μ fait un angle de 17° derrière l'axe x .



C. $\tau = \mu B \sin \theta = 9.90 \times 10^{-5} \text{ N m}$ (L'angle $\theta = 17^\circ$.)

D. Vu du haut, la rotation est horaire, pour que μ s'aligne avec \mathbf{B} . Donc ϕ diminue.

Problème 6. Induction électromagnétique**[4.0 points]**

Un champ magnétique uniforme de 0.118 T est perpendiculaire au plan d'une boucle circulaire de circonférence égale à 1.24 m. On transforme cette boucle en un carré en 4.32 secondes. Quelle est la grandeur moyenne de la fém induite dans la boucle au cours de cette transformation?

Solution

Nous utilisons $\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta A}{\Delta t}$ avec $\Delta A = A_{\text{cercle}} - A_{\text{carré}}$.

Considérez un cercle de circonférence C . Nous avons $A_{\text{cercle}} = \pi r^2 = \pi \left(\frac{C}{2\pi} \right)^2 = \frac{C^2}{4\pi}$. Pour

le carré, c'est le périmètre qui vaut C , de sorte que $A_{\text{carré}} = \ell^2 = \left(\frac{C}{4} \right)^2 = \frac{C^2}{16}$

La fém induite vaut donc

$$\varepsilon = \frac{B(A_{\text{cercle}} - A_{\text{carré}})}{\Delta t} = \frac{BC^2}{\Delta t} \left(\frac{1}{4\pi} - \frac{1}{16} \right) = 0.72 \text{ mV}$$

Problème 7. Circuit à courant alternatif [5.5 points]

Une source de fém à courant alternatif a une fréquence de 60 Hz et une tension *efficace* de 120 V. Cette source est branchée en série à une résistance de 20 ohms, une bobine de 50 mH, et un condensateur de 150 μ F. Déterminez

- A. la réactance capacitive X_C [0.5 point]
- B. la réactance inductive X_L [0.5 point]
- C. l'impédance Z du circuit [0.5 point]
- D. le déphasage ϕ [1.0 point]
- E. la valeur *efficace* du courant I_{rms} [0.9 point]
- F. la tension *maximale* aux bornes de la résistance [0.7 point]
- G. la tension *maximale* aux bornes de la bobine d'induction [0.7 point]
- H. la tension *maximale* aux bornes du condensateur [0.7 point]

Solution

A. $X_C = \frac{1}{\omega C} = 17.68388257 \approx 17.7 \Omega$

B. $X_L = \omega L = 18.84955592 \approx 18.8 \Omega$

C. $Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$ donne $Z = 20.03394106 \Omega \approx 20.0 \Omega$

D. $\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$ donne $\phi \approx 3.3^\circ$

E. $I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{Z} \approx 6.0 \text{ A}$

F. $V_{R,\text{max}} = \sqrt{2} R I_{\text{rms}} \approx 169 \text{ V}$

G. $V_{L,\text{max}} = \sqrt{2} X_L I_{\text{rms}} \approx 160 \text{ V}$

H. $V_{C,\text{max}} = \sqrt{2} X_C I_{\text{rms}} \approx 150 \text{ V}$

Problème 8. Radioation nucléaire [2.0 points]

On administre une dose de 200 rad à un patient atteint du cancer.

- A. Quelle est l'énergie de la radiation, en J/kg? **[0.4 point]**
B. Si on irradie seulement une tumeur de masse 0.25 kg, combien d'énergie est utilisée? **[0.8 point]**
C. Si le type de radiation est tel que l'énergie correspond à 3000 rem, de quel type de radiation s'agit-il? (Voir tableau ci-dessous.) **[0.8 point]**

TABLE 32-3 Relative Biological Effectiveness, RBE, for Different Types of Radiation

Type of radiation	RBE
Heavy ions	20
α rays	10-20
Protons	10
Fast neutrons	10
Slow neutrons	4-5
β rays	1.0-1.7
γ rays	1
200-keV X-Rays	1

Solution

A. $\frac{\Delta E}{\Delta m} = 200 \text{ rad} \times \frac{0.01 \text{ J/kg}}{\text{rad}} = 2 \text{ J/kg}$

B. $E = m \frac{\Delta E}{\Delta m} = 0.25 \text{ kg} \times 2 \text{ J/kg} = 0.5 \text{ J}$

C. $\text{RBE} = \frac{\text{dose (rem)}}{\text{dose (rad)}} = \frac{3000}{200} = 15$ qui correspond à des rayons alpha

Passez un bon été! Si vous vous ennuyez, venez nous voir!

Solution Yeah, right! On ne s'ennuie pas du prof de physique!