

PHYSQ 126 LEC B1 - Fluides, champs et radiation
Examen final - Hiver 2012

Nom _____ **SOLUTIONS** _____

Numéro d'étudiant.e _____

Professeur Marc de Montigny
Date et heure Mercredi, 25 avril 2012, de 9 h à midi
Lieu Gymnase, Faculté Saint-Jean

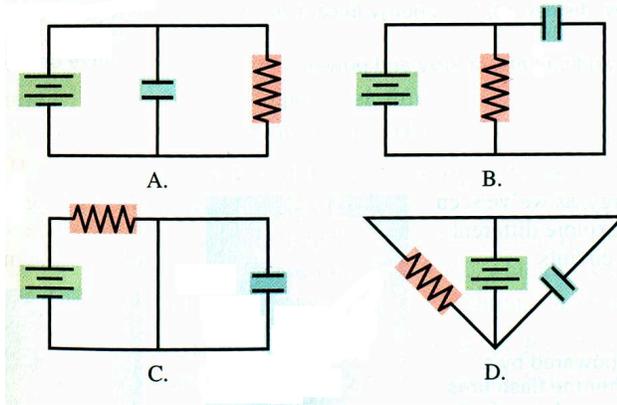
Instructions

- Cet examen contient **16 pages**, dont une page blanche à la fin pour vos calculs. Répondez directement dans ce cahier.
- L'examen vaut **35%** de la note finale du cours. Il contient 35 points.
- L'examen contient **21 questions** avec différents niveaux de difficulté. 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 5/35 si vous ne retournez pas l'aide-mémoire avec l'examen, ou si vous y avez inclus des solutions.
- 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 !

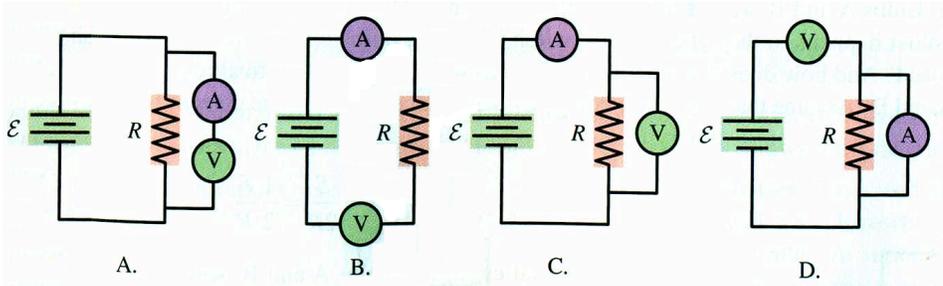
Question 1. Circuits électriques [0.6 point]

Lesquels, parmi les diagrammes ci-dessous, représentent le même circuit électrique? **A, B, D**



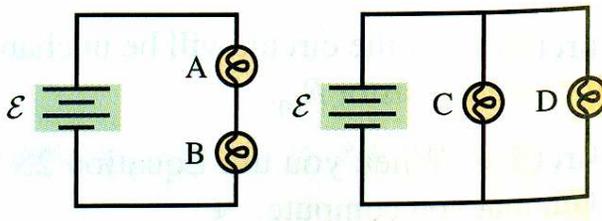
Question 2. Mesure de I et V [0.6 point]

Quel diagramme montre comment brancher correctement un ampèremètre A pour mesurer le courant dans la résistance R , et un voltmètre V pour mesurer la différence de potentiel aux bornes de R ? **C**



Question 3. Circuits en série et en parallèle [0.6 point]

Classez les quatre ampoules identiques (c.-à-d. de résistances égales) ci-dessous de la plus brillante à la moins brillante. Au besoin, indiquez les égalités.

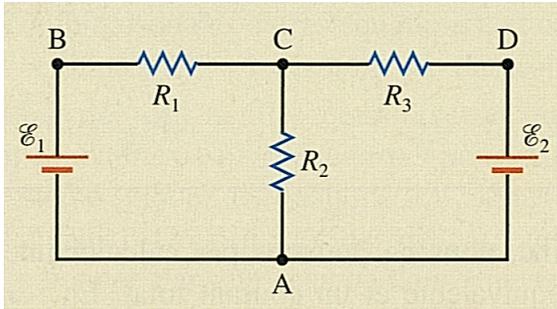


$C = D > A = B$

Question 4. Lois de Kirchhoff [3.6 points]

Dans le circuit ci-dessous, on donne $\varepsilon_1 = 17.0 \text{ V}$, $\varepsilon_2 = 6.00 \text{ V}$, $R_1 = 1.00 \Omega$, $R_2 = 4.00 \Omega$ et $R_3 = 3.00 \Omega$. Ces valeurs impliquent que le courant dans R_2 est de 3.00 A vers le bas.

- A. Trouvez la grandeur et la direction des courants dans R_1 et R_3 . [2.2 points]
B. Quelle est la puissance totale fournie par les deux piles? [0.7 point]
C. Quelle est la puissance totale dissipée dans les trois résistances? [0.7 point]



Solution

A. Boucle de gauche avec I_1 choisi vers la droite : $17 - (1)I_1 - (4)(3) = 0$

donne $I_1 = 5.00 \text{ A}$ vers la droite

Boucle de droite avec I_3 choisi vers la droite : $6 + (3)I_3 - (4)(3) = 0$

donne $I_3 = 2.00 \text{ A}$ vers la droite (donc opposé à la fém ε_2)

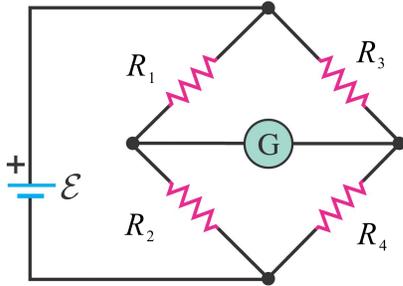
B. $P_1 = \varepsilon_1 I_1 = (17)(5) = 85$ et $P_2 = \varepsilon_2 I_3 = (6)(-2) = -12$ donne $P = 85 - 12 = 73 \text{ W}$

(Attention au signe dans P_2 ; le courant est opposé à la fém!)

C. $P = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 = 25 + 36 + 12 = 73 \text{ W}$ (Comme en B.)

Question 5. Courants et résistances [1.8 point]

Le pont de Wheatstone permet de mesurer la valeur d'une résistance avec une grande précision. Si les résistances ci-dessous sont telles qu'aucun courant ne passe dans G, quelle est la valeur de R_4 en termes de R_1 , R_2 et R_3 ?



Solution

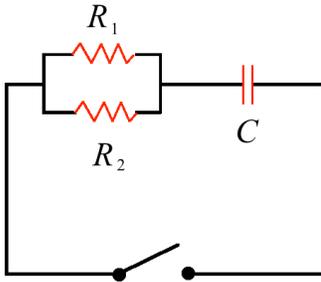
Si I dans G est nul, alors le courant (disons I_1) est le même dans R_1 et R_2 , et le courant (disons I_2) est le même dans R_3 et R_4 . Pour la même raison, le potentiel est le même aux extrémités de G ; ceci implique que

$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \text{ et } R_3 I_2 = R_4 I_2, \text{ d'où nous obtenons } R_4 = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

Question 6. Circuits RC [4.0 points]

Le circuit ci-dessous contient un condensateur de capacité $C = 8.00 \mu\text{F}$ et deux résistances, $R_1 = 4.00 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 2.00 \text{ k}\Omega$. Initialement, le condensateur a une charge de $75.0 \mu\text{C}$ et l'interrupteur est ouvert. À $t = 0 \text{ s}$, on ferme l'interrupteur.

- A. Quelle sera la charge à $t = 80.0 \text{ ms}$? [2.5 points]
B. Quand la charge vaudra-t-elle 10% de sa valeur initiale? [1.5 point]



Solution

A. $R_{eq} = (R_1^{-1} + R_2^{-1})^{-1} = \frac{4}{3} \text{ k}\Omega$ et $\tau = R_{eq}C = 1.066667 \times 10^{-2} \text{ s}$

$$Q(t) = Q_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) = (75 \mu\text{C}) \exp\left(-\frac{0.080}{0.010666\dots}\right) = 4.1481 \times 10^{-8} \text{ C} = 41.5 \text{ nC}$$

B. On donne $\frac{Q}{Q_0} = 0.10$. On cherche donc t tel que $\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) = \frac{Q}{Q_0} = 0.10$, d'où

$$t = -\tau \ln(0.10) = 24.6 \text{ ms}$$

Question 7. Énergie électrique et force magnétique [2.5 points]

Pour effectuer un diagnostic médical, on utilise une machine à rayons X qui accélère des électrons à partir du repos, avec un voltage de 15.0 kV.

- A. Quelle est la vitesse finale des électrons? **[1.2 point]**
- B. Si les électrons pénètrent perpendiculairement dans un champ magnétique de 1.20 T, quelle sera la grandeur de la force magnétique sur les électrons? **[0.8 point]**
- C. Si on double le voltage d'accélération, est-ce que la force magnétique sur les électrons doublera elle aussi? Expliquez brièvement. **[0.5 point]**



Solution

A. $\frac{1}{2}mv^2 - eV = 0$ donne $v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \sqrt{\frac{2(1.60 \times 10^{-19})(15000)}{9.11 \times 10^{-31}}} = 7.25874 \times 10^7$ m/s
 $= 7.26 \times 10^7$ m/s

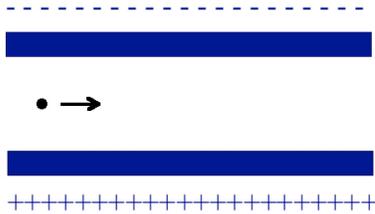
B. $F = evB = 1.39 \times 10^{-11}$ N

C. Non, car $F \propto \sqrt{V}$

Question 8. Force magnétique [1.4 point]

Un *sélecteur de vitesse* consiste en deux plaques chargées (montrées ci-dessous) et un champ magnétique (absent de la figure). Le champ électrique créé par les plaques est tel que les forces, électrique et magnétique, s'annulent pour une vitesse particulière.

- A. Quelle est la direction du champ électrique entre les plaques? **[0.4 point]**
- B. Si un électron se déplace vers la droite, quelle doit être la direction du champ magnétique pour que l'électron ne soit pas défléchi? **[0.5 point]**
- C. Si les forces s'annulent lorsque $E = 3700 \text{ V/m}$ et $B = 0.340 \text{ T}$, quelle est alors la vitesse de l'électron? **[0.5 point]**



Solution

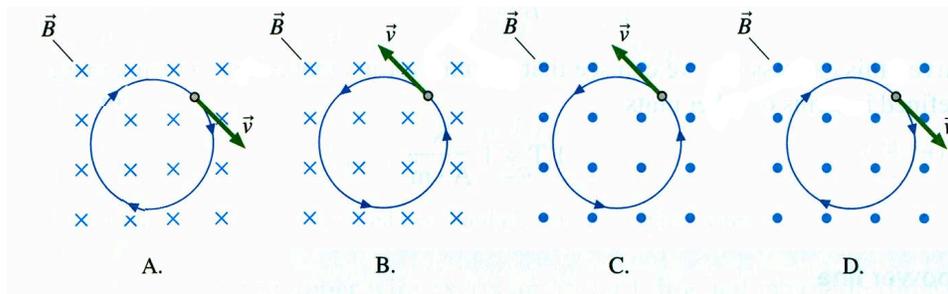
A. vers le haut (de + vers -)

B. F_E vers le bas, donc F_B vers le haut. La règle de la main gauche (charge - !) donne que **B sort de la page**

C. $F_E = eE = F_B = evB$ donne $E = vB$, d'où $v = \frac{E}{B} = 1.088235 \times 10^4 \text{ m/s} = 10.9 \text{ km/s}$

Question 9. Force magnétique [0.6 point]

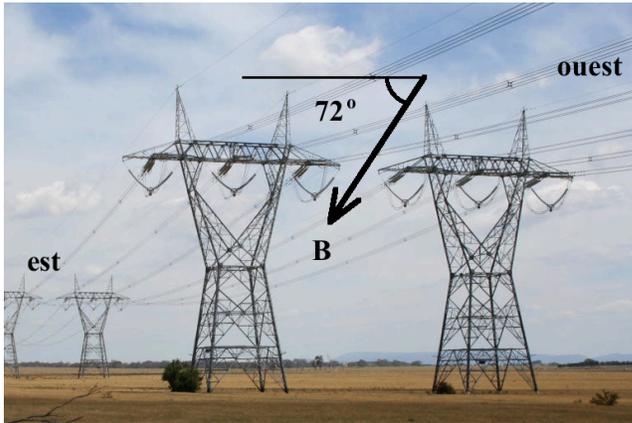
Une particule chargée se déplace sur une orbite circulaire avec les vitesses \vec{v} et les champs \vec{B} montrés ci-dessous. Dans quel(s) cas la charge est-elle négative?



A,C par la règle de la main gauche (charge négative)

Question 10. Force magnétique sur un courant [1.9 point]

Une ligne de transport d'électricité est dans la direction ouest-est, et le courant (conventionnel) vaut 110 A vers l'est. À un endroit, le champ magnétique terrestre vaut 0.59 G et pointe vers le nord à 72° sous l'horizontale. Quelle est la force (*grandeur* et *direction*) magnétique qui agit sur une longueur de 250 m de câble?



Solution

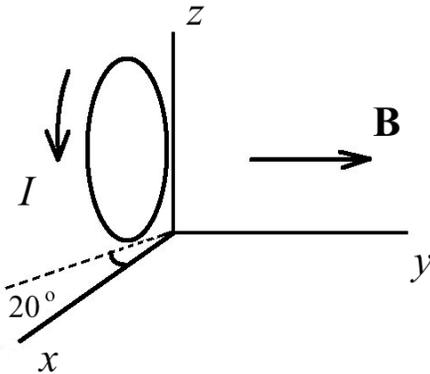
Il faut visualiser correctement l'angle entre le courant et **B**.

$F = ILB \sin \theta = (110)(250)(5.9 \times 10^{-5}) \sin 90$ (car il y a un angle droit entre le fil et **B**!)
donne $F = 1.62$ N, en direction nord, à 18° au-dessus de l'horizontale.

Question 11. Moment magnétique [2.4 points]

Une boucle circulaire de rayon 75.0 cm fait un angle de 20° avec le plan x - z , tel qu'illustré. Elle contient 35 enroulements et un courant de 2.00 A. Un champ magnétique uniforme de 3.50×10^{-3} T pointe vers les y positifs.

- A. Quel est le vecteur moment magnétique μ de la boucle? [1.2 point]
 B. Quelle est la *grandeur* du moment de force exercé sur la boucle par le champ magnétique? [0.6 point]
 C. Dans quelle direction la boucle aura-t-elle tendance à tourner? [0.6 point]

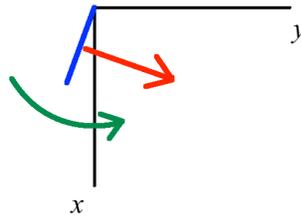


Solution

Question facile si vous comprenez μ et l'effet de \mathbf{B} sur μ .

A. $\mu = NIA = NI(\pi r^2) = (35)(2)(\pi 0.75^2) = 123.7002 = 124 \text{ A m}^2$

Vue du haut, avec z qui sort de la page (μ indiqué en rouge, ci-dessous) :

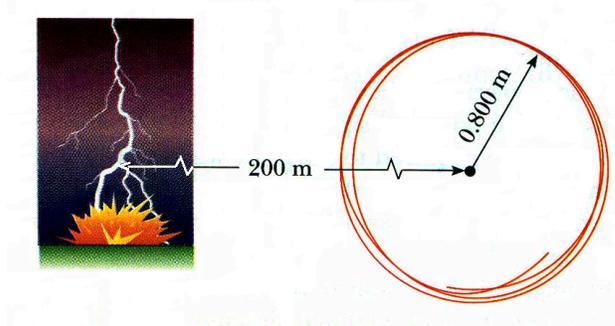


B. $\tau = \mu B \sin \theta = (123.700)(0.0035) \sin 20 = 0.148 \text{ N m}$ (20° entre \mathbf{B} et μ)

C. La boucle tourne de sorte que μ s'aligne avec \mathbf{B} . Donc, vu du haut (z pointe vers nous), la boucle tourne dans le sens horaire. Indiqué en vert, ci-dessus.

Question 12. Loi d'Ampère et induction électromagnétique [2.5 points]

Comme vous le savez, les éclairs peuvent endommager des appareils électriques. Ceci est causé par le flux magnétique temporaire. Traitez un éclair (à gauche sur la figure) comme un fil conducteur vertical, dont le courant passe de 6.02×10^6 A à 0.00 A en $10.5 \mu\text{s}$. Quelle est la fém induite dans une boucle contenant 100 enroulements, de rayon 0.800 m, qui se trouve à 200 m de l'éclair? (*Indice:* Utilisez la loi d'Ampère. *Remarque:* La figure n'est pas à l'échelle.)



Solution

De la loi d'Ampère, le champ magnétique dans la boucle est donné par (on néglige la taille de la boucle, 0.800 m, comparée à la distance, 200 m)

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(6.02 \times 10^6)}{2\pi(200)} = 6.02 \times 10^{-3} \text{ T}$$

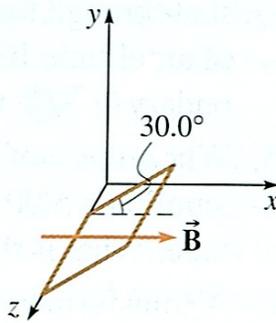
Le champ passe donc de cette valeur à zéro en $10.5 \mu\text{s}$. La loi de Faraday nous donne que la grandeur de la fém induite est

$$\varepsilon = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = NA \frac{\Delta B}{\Delta t} = (100)(\pi \times 0.8^2) \frac{6.02 \times 10^{-3}}{10.5 \times 10^{-6}} = 1.15 \times 10^5 \text{ V} = \mathbf{115 \text{ kV}}$$

Question 13. Induction électromagnétique [3.5 points]

Un cadre carré (dont chaque côté mesure 75.0 cm) a un côté le long de l'axe z et est incliné à un angle de 30° au-dessus du plan horizontal x - z . Un champ magnétique uniforme de grandeur $B = 0.320$ T pointe vers les x positifs.

- A. Quel est le flux magnétique à travers la boucle? [1.2 point]
 B. Si on augmente l'angle de 30° à 50° , quel sera le nouveau flux? [1.2 point]
 C. Si ce changement d'angle se passe pendant 0.450 s, quelle sera la fém induite dans le cadre? [0.6 point]
 D. Dans quelle direction le courant induit circule-t-il? (Indiquez votre réponse sur la figure.) [0.5 point]



Solution

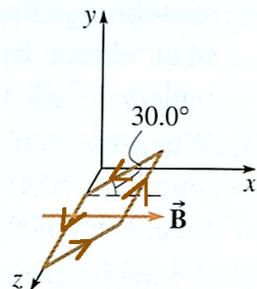
Angle θ : s'il y a 30° entre la boucle et \mathbf{B} , alors il y a $\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ entre \mathbf{B} et la perpendiculaire à la boucle.

A. $\Phi_B = BA \cos \theta = (0.32)(0.75^2) \cos 60^\circ = 9.00 \times 10^{-2} \text{ T m}^2$

B. $\Phi_B = BA \cos \theta = (0.32)(0.75^2) \cos 40^\circ = 13.8 \times 10^{-2} \text{ T m}^2$

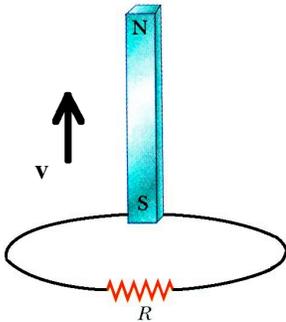
C. $\varepsilon = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{(13.8 - 9.0) \times 10^{-2}}{0.450} = 0.106 \text{ V}$

D. Flux augmente, \mathbf{B}_{ind} opposé à \mathbf{B} , I_{ind} horaire vu de la droite (quand x pointe vers nous) :



Question 14. Loi de Lenz [0.5 point]

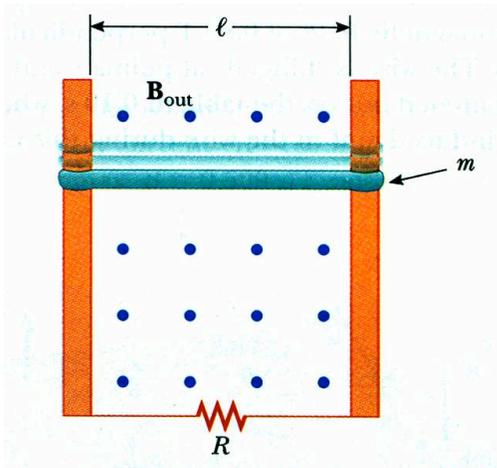
Une barre aimantée s'éloigne d'une boucle fixe, tel qu'illustré ci-dessous. Dans la résistance, le courant induit dans la boucle circulera-t-il vers la gauche ou la droite?



Solution \mathbf{B} est vers le haut (vers S) et le flux diminue, donc \mathbf{B}_{ind} vers le haut. Donc I_{ind} est vers la droite.

Question 15. Loi de Lenz [1.2 point]

La figure ci-dessous illustre une tige conductrice horizontale qui glisse sans friction sur deux rails verticaux. Quand la tige tombe, dans quel sens le courant induit circulera-t-il *dans la résistance*: vers la gauche ou vers la droite? Décrivez brièvement le mouvement de la tige, en termes de sa vitesse et son accélération (aucun calcul requis).

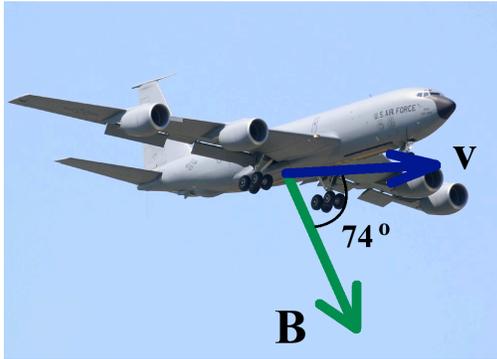


Solution A diminue, flux diminue, donc \mathbf{B}_{ind} sort de la page, I_{ind} anti-horaire et vers la droite dans R .

Initialement, la tige tombe, dû à la gravité et le courant induit augmente, ce qui cause une force magnétique vers le haut. Éventuellement, la force nette est nulle, l'accélération devient nulle, et la tige atteint une vitesse limite constante.

Question 16. Fém de mouvement [1.2 point]

Un avion vole horizontalement vers le nord à 850 km/h. À cette position, le champ magnétique est de 5.19×10^{-6} T et pointe vers le nord, à 74° sous l'horizontale. Si les extrémités des ailes sont séparées de 40.0 m, quelle sera la fém induite entre ces extrémités? (*Indice*: seule la composante de \mathbf{B} *perpendiculaire* à \mathbf{v} contribue à la fém.)

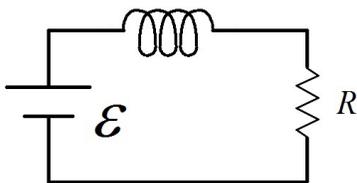


Solution

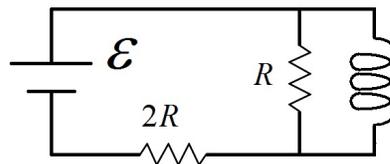
$$\varepsilon = B_{\perp}Lv = (5.19 \times 10^{-6} \sin 74^\circ)(40) \left(\frac{850000}{3600} \right) = 4.71 \times 10^{-2} \text{ V ou } 47.1 \text{ mV}$$

Question 17. Circuits RL [1.0 point]

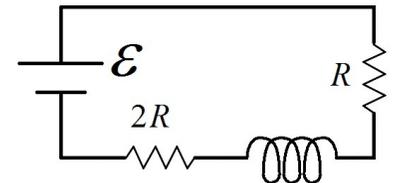
Pour chaque circuit RL illustré ci-dessous, calculez le courant fourni par la pile *longtemps* après que le circuit ait été branché. Donnez vos réponses en termes de \mathcal{E} et R .



(A) $I = \varepsilon/R$



(B) $I = \varepsilon/2R$



(C) $I = \varepsilon/3R$

Solution L'inductance devient un fil conducteur. (Dans (B), R est court-circuitée.)

Question 18. Physique nucléaire [0.8 point]

Complétez les réactions suivantes en indiquant s'il s'agit de α , β^- , β^+ , ou γ :

- A. ${}_{82}^{211}\text{Pb} \rightarrow {}_{83}^{211}\text{Bi} + \text{_____} \beta^-$
B. ${}_{6}^{11}\text{C} \rightarrow {}_{5}^{11}\text{B} + \text{_____} \beta^+$
C. ${}_{90}^{231}\text{Th}^* \rightarrow {}_{90}^{231}\text{Th} + \text{_____} \gamma$
D. ${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb} + \text{_____} \alpha$

Question 19. Physique nucléaire et isotopes [0.7 point]

Sachant que trois électrons sont en orbite dans un atome neutre de ${}^6\text{Li}$, combien y a-t-il d'électrons en orbite dans un atome neutre de ${}^7\text{Li}$?

Solution Le nombre de neutrons change, mais les deux isotopes ont le même nombre de protons et donc, le même nombre d'électrons: **trois**.

Question 20. Physique nucléaire et dosimétrie [1.2 point]

Des radiographies à rayons X utilisent typiquement des particules dont le facteur biologique vaut 0.85. Avec une dose de 35 mrem, combien d'énergie sera absorbée par la jambe d'un patient, en supposant que 3.0 kg de sa jambe soit exposée aux rayons X?

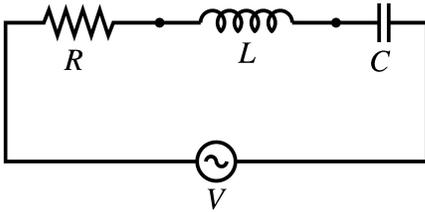
Solution

$$\text{dose (rad)} = \frac{\text{dose (rem)}}{\text{RBE}} = \frac{0.035}{0.85} = 4.1176 \times 10^{-2} \text{ rad} = 4.1176 \times 10^{-4} \text{ J/kg}$$
$$\text{énergie} = (4.1176 \times 10^{-4} \text{ J/kg})(3.0 \text{ kg}) = \text{1.24 mJ}$$

Question 21. Circuits RLC à courant alternatif [2.4 points]

Un circuit RLC contient une source à courant alternatif en série avec une résistance de 40.0Ω , une bobine d'induction de 22.0 mH et un condensateur de capacité $0.400 \mu\text{F}$. La source a un voltage d'amplitude $V_{\text{max}} = 0.100 \text{ V}$ et oscille à une fréquence angulaire $\omega = 1.00 \times 10^4 \text{ rad/s}$. Calculez

- A. l'impédance Z du circuit, [0.4 point]
- B. l'amplitude du courant, I_{max} , [0.4 point]
- C. l'amplitude de V aux bornes de la résistance, [0.4 point]
- D. l'amplitude de V aux bornes du condensateur, [0.4 point]
- E. l'amplitude de V aux bornes de la bobine d'induction, [0.4 point]
- F. le déphasage entre le courant et le voltage à la source, en indiquant lequel (V ou I) est en avance. [0.4 point]



Solution

$$X_L = \omega L = (10^4)(0.022) = 220 \Omega, X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{(10^4)(4 \times 10^{-7})} = 250 \Omega$$

A. $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = 50.0 \Omega$

B. $I_{\text{max}} = \frac{V_{\text{max}}}{Z} = 2.00 \text{ mA}$

C. $V_{R,\text{max}} = RI_{\text{max}} = 80.0 \text{ mV}$

D. $V_{C,\text{max}} = X_C I_{\text{max}} = 0.500 \text{ V}$

E. $V_{L,\text{max}} = X_L I_{\text{max}} = 0.440 \text{ V}$

F. $\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{220 - 250}{40}$ donne $\phi = -36.9^\circ$. I est en avance par rapport à V .

Passez un bel été !

Marc de Montigny

Page pour vos calculs (vous pouvez la détacher)