

Nom

SOLUTIONS

Numéro _____

Professeur Marc de Montigny
Date Vendredi 17 avril 2020, de 14 h à 17 h
Local En ligne. Les questions seront envoyées par courriel et affichées sur le web.

INSTRUCTIONS

- Cet examen contient **14 pages**, y compris un tableau périodique à la dernière page. Écrivez-y directement vos réponses ou répondez sur des feuilles séparées. Vous devrez scanner ou prendre des photos avec **images claires** de vos solutions et de l'aide-mémoire, que vous m'enverrez par courriel **au plus tard à 17 h** selon l'horloge de gmail.
- Si vous avez des questions pendant l'examen, écrivez-moi à **mdemonti@ualberta.ca**. Vérifiez aussi vos courriels au cas où je vous écrive.
- L'examen contient **35 points** et il vaut **35% de la note finale** du cours.
- L'examen contient **24 questions**. Vous pourrez obtenir une partie des points même si votre réponse finale est erronée. Incluez vos solutions et calculs, en plus de vos réponses finales. Expliquez **de façon claire et précise**.
- Examen à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille recto-verso) que vous aurez complété. Vous perdrez 5/35 si vous y avez inclus des solutions ou ne retournez pas votre aide-mémoire avec l'examen.
- Attestez-vous que l'examen sera fait sans discussion ni accès à des ressources? oui non
Si l'examen est sur feuilles séparées, veuillez ajouter une phrase semblable à "J'atteste que j'ai fait l'examen sans discussion ni accès à des ressources".
- Matériel permis: aide-mémoire, crayons ou stylos, calculatrice. Tout autre appareil électronique ou moyen de communication ne peut être utilisé que pour communiquer avec moi.

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

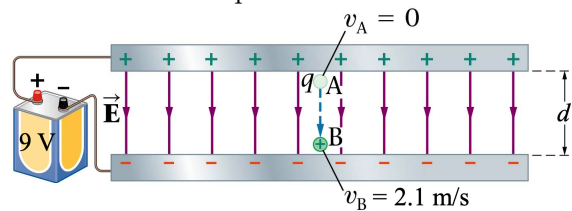
Question 1. Potentiel électrique [1.0 point]

Dans une région A, le potentiel électrique varie uniformément à raison de 1 V par mètre, alors que dans une région B, le potentiel électrique varie uniformément à raison de 0.01 V par cm. Est-ce que la grandeur du champ électrique dans la région A est plus grande, plus petite ou égale à la grandeur du champ électrique dans la région B? Expliquez brièvement.

Réponse: Égale, car $|E| = \frac{\Delta V}{\Delta x}$ est égal.

Question 2. Énergie potentielle électrique [2.0 points]

La figure ci-dessous montre une particule de charge $q = +3.5 \mu\text{C}$ lâchée du repos à la plaque positive A et qui atteint la plaque négative B avec une vitesse $v_B = 2.1 \text{ m/s}$. Si une pile maintient une différence de potentiel de 9.0 V entre ces plaques, quelle est la masse de la particule?

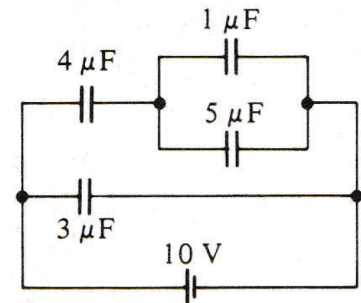


Solution On applique la conservation de l'énergie, $\frac{1}{2}mv_A^2 + qV_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + qV_B$, qui donne

$$m = \frac{2q(V_A - V_B)}{v_B^2 - v_A^2} = \frac{2(3.5 \times 10^{-6})(9 - 0)}{2.1^2 - 0^2} = 1.4 \times 10^{-5} \text{ kg}$$

Question 3. Condensateurs équivalents [1.0 point]

Calculez la capacité équivalente de l'ensemble de condensateurs ci-dessous.



Solution

Pour la branche du haut: $C = (4^{-1} + 6^{-1})^{-1} = 2.4 \mu\text{F}$ et pour le système $2.4 + 3 = 5.4 \mu\text{F}$

suite à la page suivante...

Question 4. Courant électrique [1.0 point]

Si un courant constant de 7.5 A circule dans un fil conducteur, calculez

- (a) la charge qui circule pendant 45 s, et
- (b) le nombre d'électrons qui passent pendant 45 s.

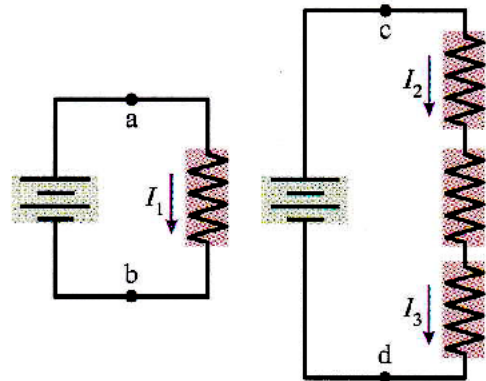
Solutions

(a) De $I = \frac{q}{t}$, on calcule $q = It = (7.5)(45) = 337.5 \approx \boxed{340 \text{ C}}$

(b) Le nombre d'électrons vaut $N = \frac{q}{e} = \frac{337.5}{1.6 \times 10^{-19}} = \boxed{2.1 \times 10^{21} \text{ électrons}}$

Question 5. Résistances [1.0 point]

La figure ci-dessous montre deux circuits qui contiennent des piles et des résistances identiques. Classez les courants I_1 , I_2 et I_3 en ordre de grandeur, en indiquant, au besoin, les égalités.



Solution

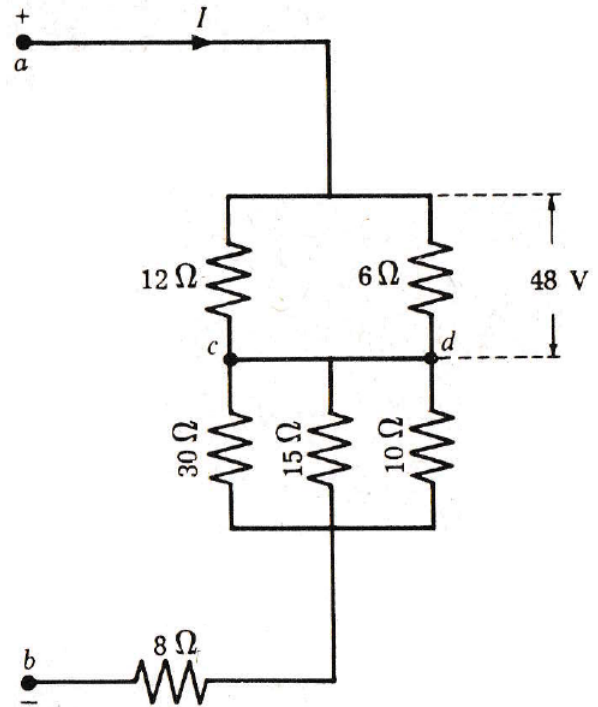
$I_1 = \frac{V}{R}$, $I_2 = I_3 = \frac{V}{3R}$ de sorte que $\boxed{I_2 = I_3 < I_1}$

suite à la page suivante...

Question 6. Résistances en série et en parallèle [2.0 points]

Dans le circuit ci-dessous, on vous donne la différence de potentiel aux bornes de la résistance de 6Ω qui vaut 48 V . Calculez

- (a) la valeur du courant à l'entrée I ,
- (b) la différence de potentiel aux bornes de la résistance de 8Ω , et
- (c) la différence de potentiel aux bornes de la résistance de 10Ω . (Indice: Le courant I à l'entrée passe par la combinaison en parallèle de 30Ω , 15Ω et 10Ω .)



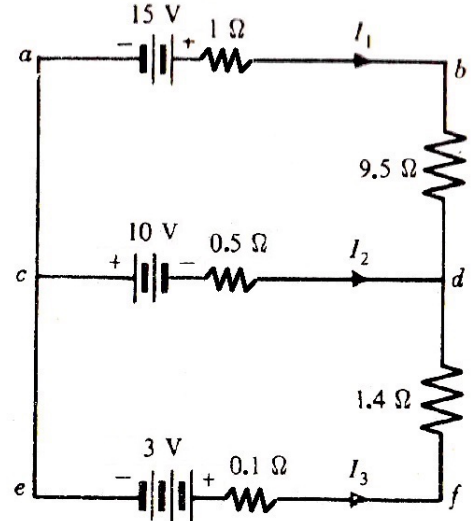
Solutions

- (a) Vu que 6Ω et 12Ω sont en parallèle, $I = I_6 + I_{12} = 48/6 + 48/12 = \boxed{12 \text{ A}}$
- (b) Comme I passe aussi par 8Ω , on va $V_8 = (8)(12) = \boxed{96 \text{ V}}$
- (c) Vu que 30Ω , 15Ω et 10Ω sont parallèles, elles sont équivalentes à $R_e = (30^{-1} + 15^{-1} + 10^{-1})^{-1} = 5 \Omega$. Comme elles sont au même potentiel et traversées par $I = 12 \text{ A}$, on calcule $V_{10} = V_e = R_e I = (5)(12) = \boxed{60 \text{ V}}$

suite à la page suivante...

Question 7. Lois de Kirchhoff [1.5 point]

La figure ci-dessous contient trois piles (de 15 V, 10 V et 3 V) et leurs résistances internes (de 1 Ω, 0.5 Ω et 0.1 Ω, respectivement), en plus de deux résistance externes de 9.5 Ω et 1.4 Ω. Écrivez trois équations de Kirchhoff, *sans les résoudre*, qui permettraient de calculer les courants I_1 , I_2 et I_3 . Énoncez vos équations en termes des courants I_1 , I_2 et I_3 définis à la figure.



Réponses Trois parmi les équations ci-dessous:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

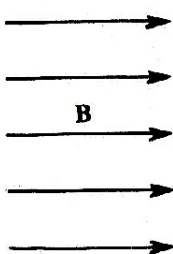
$$15 - (1)I_1 - (9.5)I_1 + (0.5)I_2 + 10 = 0 \quad (\text{boucle du haut})$$

$$-10 - (0.5)I_2 + (1.4)I_3 + (0.1)I_3 - 3 = 0 \quad (\text{boucle du bas})$$

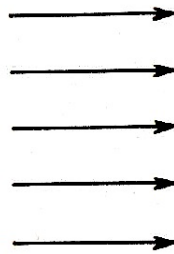
$$15 - (1)I_1 - (9.5)I_1 + (1.4)I_3 + (0.1)I_3 - 3 = 0 \quad (\text{boucle périphérique})$$

Question 8. Force magnétique sur une charge [1.5 point]

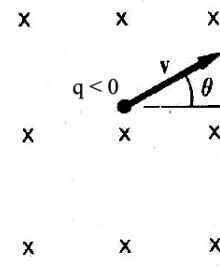
Chacune des figures (a), (b) et (c) montre la vitesse \mathbf{v} d'une particule chargée q et le champ magnétique \mathbf{B} qui agit sur cette particule. Le signe de chaque q est indiqué. Pour chaque figure, donnez la direction de la force sur q causée par \mathbf{B} .



(a)



(b)



(c)

B dans la page

Réponses : (a) dans la page, (b) hors de la page, (c) en bas à droite

suite à la page suivante...

Question 9. Trajectoire d'une particule chargée dans un champ magnétique [1.5 point]

Des particules alpha (masse 6.68×10^{-27} kg, charge $+2e$) sont accélérées par un voltage de 2 kV et pénètrent dans un champ magnétique de 0.2 T perpendiculaire à leur mouvement. Quel sera le rayon de leur trajectoire?

Solution

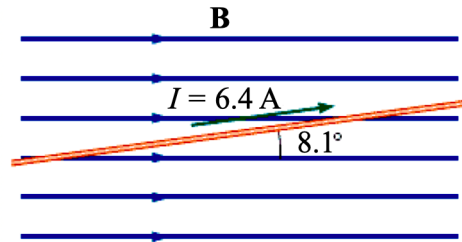
De $\frac{1}{2}mv^2 = qV$ et $mv = qBr$, on trouve

$$r = \frac{mv}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mV}{q}} = \frac{1}{0.2} \sqrt{\frac{2(6.68 \times 10^{-27})(2000)}{2 \times 1.6 \times 10^{-19}}} = 0.04569 = \boxed{46 \text{ mm}}$$

Question 10. Force magnétique sur un courant [2.0 points]

Le long fil conducteur ci-dessous baigne dans une région où il y a un champ magnétique uniforme horizontal \mathbf{B} . Un courant de 6.4 A passe dans le fil, qui est orienté à un angle de 8.1° au-dessus du champ \mathbf{B} .

- (a) Dans quelle direction pointe la force sur le fil?
- (b) Si la force magnétique exercée sur un mètre de ce fil est de 0.042 N, quel est B ?
- (c) À quel angle la force exercée sur ce fil par mètre serait-elle égale à 0.017 N/m?



Solution

- (a)
- (b) De $\mathbf{F} = I\mathbf{L} \times \mathbf{B}$, on trouve $F = ILB \sin \theta$, d'où

$$B = \frac{F/L}{I \sin \theta} = \frac{0.042}{(6.4) \sin(8.1^\circ)} = 0.0466 = \boxed{47 \text{ mT}}$$

- (c) On isole $\sin \theta$,

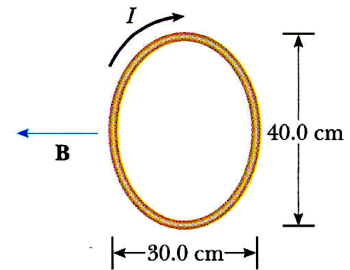
$$\sin \theta = \frac{F/L}{IB} = \frac{0.017}{(6.4)(0.0466)} \rightarrow \theta = \boxed{3.3^\circ}$$

suite à la page suivante...

Question 11. Moment de force sur une boucle de courant [2.0 points]

Un boucle contenant 8 enroulements est en forme d'une ellipse d'axe majeur $a = 40.0$ cm et d'axe mineur $b = 30.0$ cm, montrés ci-dessous. L'aire d'une ellipse est donnée par $A = \pi \frac{a}{2} \frac{b}{2}$. Cette boucle est dans le plan de la page et un courant $I = 6.00$ A circule dans le sens horaire. Si la boucle est plongée dans un champ magnétique de 2.00 G (Gauss) dirigé vers la gauche,

- (a) calculez la grandeur du moment de force sur cette boucle,
- (b) dans quelle direction pointe le vecteur moment magnétique dipolaire $\vec{\mu}$, et
- (c) expliquez dans quelle direction la boucle aura tendance à tourner.



Solutions

(a) L'aire vaut $\pi(0.2)(0.15) = 9.42 \times 10^{-2}$ m². Le moment de force vaut

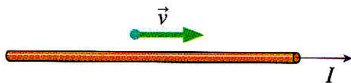
$$\tau = NIAB \sin \theta = (8)(6)(9.42 \times 10^{-2})(2 \times 10^{-4}) \sin 90^\circ = 9.04 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m}$$

(b) $\vec{\mu}$ entre dans la page.

(c) La boucle pivotera autour d'un axe vertical, avec la gauche qui sort de la page et la droite qui entre. Vu du dessus, la boucle tournera dans le sens anti-horaire.

Question 12. Loi d'Ampère et force sur une charge [1.0 point]

Un électron se déplace parallèlement au-dessus d'un long fil conducteur. Indiquez la direction de la force magnétique sur cet électron par le champ magnétique dû au courant.



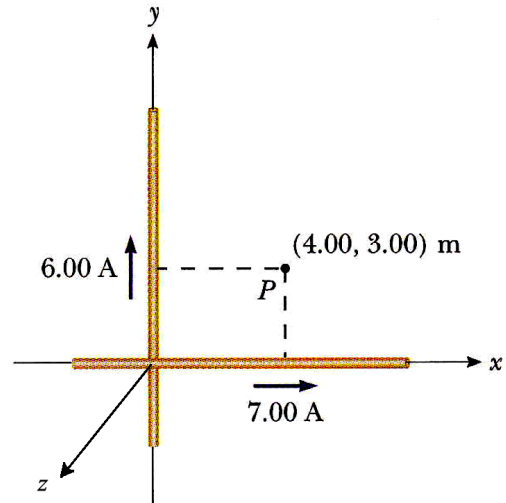
Solution

À l'électron, \mathbf{B} sort de la page. Avec la *main gauche*, on voit que la force pointe vers le haut.

suite à la page suivante...

Question 13. Loi d'Ampère [1.5 point]

Un long fil conducteur horizontal est parcouru par un courant de 7.00 A vers $+x$ et un long fil conducteur vertical est parcouru par un courant de 6.00 A vers $+y$. Quelles sont la grandeur et la direction du champ magnétique net \mathbf{B} créé par ces courants au point P à $x = 4.00$ m, $y = 3.00$ m?



Solution

Avec le signe + hors de la page, on calcule

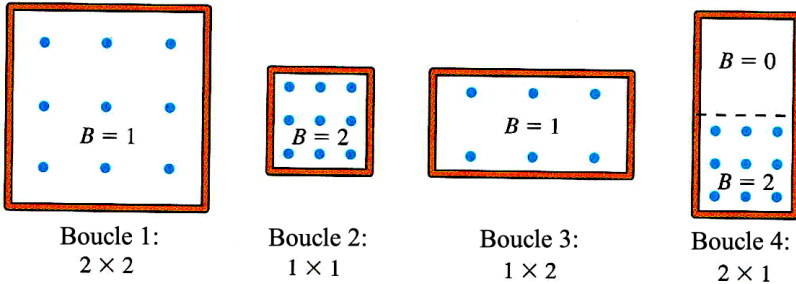
$$B_7 - B_6 = \frac{\mu_0(7)}{2\pi(3)} - \frac{\mu_0(6)}{2\pi(4)} = 1.67 \times 10^{-7} \text{ T}$$

Hors de la page

suite à la page suivante...

Question 14. Flux magnétique [1.0 point]

La figure montre quatre boucles rectangulaires et des champs magnétiques perpendiculaires aux boucles. Les nombres indiquent l'intensité des champs magnétiques et les dimensions des boucles (unités non spécifiées). Classez les flux magnétiques de ces boucles en ordre de grandeur, en indiquant, au besoin, les égalités.

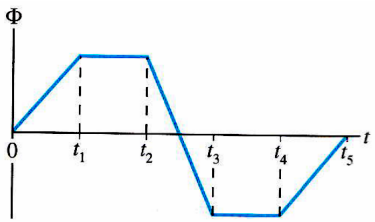


Solution

De $\Phi_B = B \times A$, on calcule respectivement: $\Phi_B = 4, 2, 2, 2$. Donc, $\Phi_1 > \Phi_2 = \Phi_3 = \Phi_4$

Question 15. Loi de Faraday [1.0 point]

Le flux magnétique Φ au travers une boucle de fil conducteur varie en fonction du temps, tel que montré ci-dessous. Pendant quels intervalles de temps y aura-t-il un courant dans la boucle?

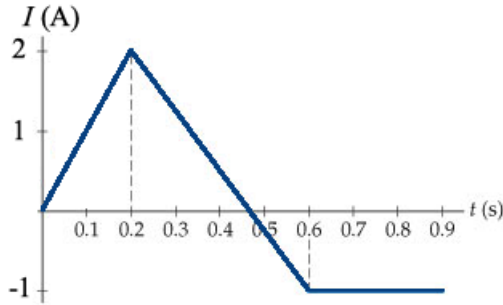


Réponses: $0 < t < t_1, t_2 < t < t_3, t_4 < t < t_5$

suite à la page suivante...

Question 16. Loi de Faraday [2.5 points]

Une bobine d'induction de rayon 2.00 cm et de longueur 12.0 cm contient 150 enroulements de fil conducteur. Cette bobine est parcourue par un courant variable montré ci-dessous. Une autre boucle simple à un enroulement, et carrée d'arête égale à 1.20 cm, est centrée sur l'axe de la bobine et le plan de la boucle carrée est perpendiculaire à cet axe. Quelle est la grandeur de la f.é.m. induite dans la boucle carrée à l'instant $t = 0.4$ s?



Solution

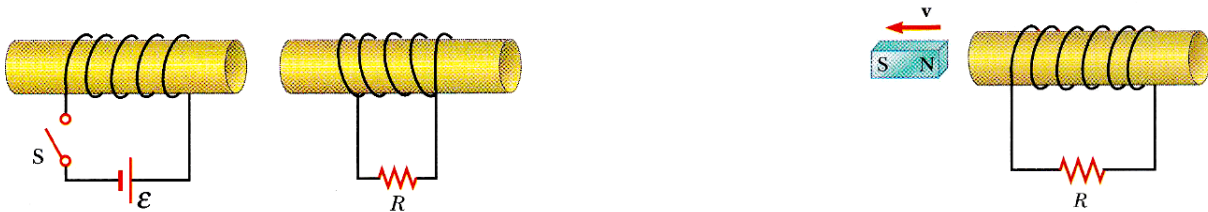
Le champ magnétique dans la bobine est donné par $B = \mu_0 \frac{N}{\ell} I$ de sorte que le flux est $\Phi = BA = \mu_0 \frac{N}{\ell} IA$, de sorte que

$$\mathcal{E} = N' \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \mu_0 N' \frac{N}{\ell} A \frac{\Delta I}{\Delta t} = 4\pi \times 10^{-7} (1) \frac{150}{0.12} (0.012^2) \frac{3}{0.4} = \boxed{1.70 \mu\text{V}}$$

Question 17. Loi de Lenz [1.0 point]

Indiquez si le courant induit dans chaque résistance circule vers la gauche, vers la droite ou vaut zéro, étant donné les scénarios suivants :

- (a) à la figure de gauche, au moment où on ferme l'interrupteur branché au premier solénoïde; et
 (b) à la figure de droite, pendant qu'on déplace l'aimant (dont le pôle N est à droite) vers la gauche.



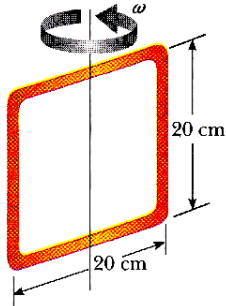
Réponses

- (a) \mathbf{B} vers la droite et croissant, donc \mathbf{B}_{ind} vers la gauche, et I vers la droite dans R
 (b) \mathbf{B} vers la droite et décroissant, donc \mathbf{B}_{ind} vers la droite, et I vers la droite dans R

suite à la page suivante...

Question 18. Générateurs [1.0 point]

Le cadre carré ci-dessous contient 100 enroulements et tourne autour d'un axe vertical avec une fréquence de 1500 tours par minute. La composante horizontale du champ magnétique, qui est perpendiculaire à l'axe de rotation, vaut 0.20 G. Que vaut l'amplitude \mathcal{E}_{max} de la f.é.m. induite dans ce générateur?



Solution

$$\mathcal{E}_{max} = NBA\omega = NB\ell^2 2\pi f = (100)(2 \times 10^{-5})(0.2)^2 2\pi \left(\frac{1500}{60}\right) = \boxed{13 \text{ mV}}$$

Question 19. Inductance et f.é.m. dans une bobine d'induction [2.0 points]

Une bobine d'induction de longueur 25.0 cm et d'aire transversale 4.00 cm² compte 300 enroulements. Cette bobine est parcourue par un courant qui décroît à un taux de 50.0 A/s.

- (a) Quelle est l'inductance L de cette bobine?
- (b) Quelle est la grandeur de la f.é.m \mathcal{E} auto-induite dans cette bobine?

Solutions

- (a) L'inductance est donnée par

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} A = (4\pi \times 10^{-7}) \frac{300^2}{0.25} (4 \times 10^{-4}) = 1.81 \times 10^{-4} = \boxed{0.181 \text{ mH}}$$

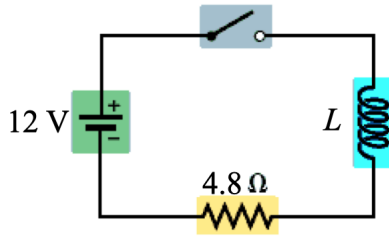
- (b) La grandeur de la f.é.m auto-induite est donnée par

$$|\mathcal{E}| = L \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = (1.81 \times 10^{-4})(50) = \boxed{9.05 \text{ mV}}$$

suite à la page suivante...

Question 20. Circuits RL [1.5 point]

Un circuit RL contient une f.é.m. de 12 V et une résistance de 4.8 ohms. Sachant que le courant dans ce circuit passe de 0 à 1.8 A en 75 ms, quelle est l'inductance L de la bobine?



Solution

De $I = \frac{\mathcal{E}}{R} (1 - e^{-tR/L})$, on calcule

$$L = \frac{-tR}{\ln(1 - RI/\mathcal{E})} = \frac{-(0.075)(4.8)}{\ln(1 - (4.8)(1.8)/12)} = 0.2828 = \boxed{280 \text{ mH}}$$

Question 21. Transformateurs [1.0 point]

Un transformateur est conçu pour avoir une tension de sortie de 2200 V lorsque l'entrée est branchée à une source de 110 V. Si la bobine de l'entrée compte 80 enroulements, combien d'enroulements seront requis dans la bobine de sortie?

Solution

$$N_2 = \frac{V_2}{V_1} N_1 = \frac{2200}{110} 80 = \boxed{1600 \text{ enroulements}}$$

Question 22. Désintégrations nucléaires [2.0 points]

Complétez les réactions nucléaires, en utilisant au besoin le tableau périodique de la dernière page:

- (a) ${}^{87}_{37}\text{Rb} \rightarrow \text{_____} + e^- + \bar{\nu}$ Réponse: ${}^{87}_{38}\text{Sr}$
- (b) ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + \text{_____} + \bar{\nu}$ Réponse: e^- ou β^-
- (c) ${}^{30}_{15}\text{P} \rightarrow \text{_____} + e^+ + \nu$ Réponse: ${}^{30}_{14}\text{Si}$
- (d) $\text{_____} \rightarrow {}^{140}_{58}\text{Ce} + {}^4_2\text{He}$ Réponse: ${}^{144}_{60}\text{Nd}$

suite à la page suivante...

Question 23. Dosimétrie [1.5 point]

Une particule alpha, de RBE= 14, traverse un tissu en y déposant 0.18 J d'énergie par kg de tissu. Quelle est la dose de ces rayons alpha

- (a) en rad et
- (b) en rem?

Solutions

- (a) La dose en rad est

$$\text{dose (rad)} = \left(\frac{\text{energie}}{\text{masse}} \right) \left(\frac{100 \text{ rad}}{\text{J/kg}} \right) = (0.18 \text{ J/kg}) \left(\frac{100 \text{ rad}}{\text{J/kg}} \right) = \boxed{18 \text{ rad}}$$

- (b) La dose en rem est (RBE)(dose en rad)=(14)(18)= $\boxed{252 \text{ rem}}$

Question 24. Circuits à courant alternatif [1.5 point]

On branche une source de courant alternatif à un condensateur dont $C = 4 \mu\text{F}$. Cette source fournit un courant de fréquence 500 Hz et dont la valeur maximale vaut $I_{\text{max}} = 30 \text{ mA}$.

- (a) Quelle est la réactance capacitive X_C de ce circuit?
- (b) Quelle est la valeur maximale du voltage, V_{max} , aux bornes du condensateur?

Solutions

- (a) $X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi(500)(4 \times 10^{-6})} = 79.577 = \boxed{80 \text{ ohms}}$

- (b) $V_{\text{max}} = X_C I_{\text{max}} = (80)(0.03) = 2.387 = \boxed{2.4 \text{ V}}$

PERIODS	Transition elements										GROUP III	GROUP IV	GROUP V	GROUP VI	GROUP VII	GROUP VIII				
	GROUP I	GROUP II											GROUP III	GROUP IV	GROUP V	GROUP VI	GROUP VII	GROUP VIII		
1	H 1.01 1s ¹																He 4.00 1s ²			
2	Li 6.94 2s ¹	Be 9.01 2s ²													B 10.81 2p ¹	C 12.01 2p ²	N 14.01 2p ³	O 16.00 2p ⁴	F 19.00 2p ⁵	Ne 20.18 2p ⁶
3	Na 22.99 3s ¹	Mg 24.31 3s ²													Al 26.98 3p ¹	Si 28.09 3p ²	P 30.97 3p ³	S 32.07 3p ⁴	Cl 35.45 3p ⁵	Ar 39.95 3p ⁶
4	K 39.10 4s ¹	Ca 40.08 4s ²	Sc 44.96 3d ¹ 4s ²	Ti 47.88 3d ² 4s ²	V 50.94 3d ³ 4s ²	Cr 52.00 3d ⁵ 4s ¹	Mn 54.94 3d ⁵ 4s ²	Fe 55.85 3d ⁶ 4s ²	Co 58.93 3d ⁷ 4s ²	Ni 58.69 3d ⁸ 4s ²	Cu 63.55 3d ¹⁰ 4s ¹	Zn 65.39 3d ¹⁰ 4s ²	Ga 69.72 4p ¹	Ge 72.61 4p ²	As 74.92 4p ³	Se 78.96 4p ⁴	Br 79.90 4p ⁵	Kr 83.80 4p ⁶		
5	Rb 85.47 5s ¹	Sr 87.62 5s ²	Y 88.96 4d ¹ 5s ²	Zr 91.22 4d ² 5s ²	Nb 92.91 4d ⁴ 5s ¹	Mo 95.94 4d ⁵ 5s ¹	Tc 98 4d ⁵ 5s ²	Ru 101.07 4d ⁷ 5s ¹	Rh 102.91 4d ⁸ 5s ¹	Pd 106.42 4d ¹⁰ 5s ⁰	Ag 107.87 4d ¹⁰ 5s ¹	Cd 112.41 4d ¹⁰ 5s ²	In 114.82 5p ¹	Sn 118.71 5p ²	Sb 121.76 5p ³	Te 127.60 5p ⁴	I 126.90 5p ⁵	Xe 131.29 5p ⁶		
6	Cs 132.91 6s ¹	Ba 137.33 6s ²	La 138.91 5d ¹ 6s ²	Hf 178.49 5d ² 6s ²	Ta 180.95 5d ⁴ 6s ²	W 183.85 5d ⁴ 6s ²	Re 186.21 5d ⁵ 6s ²	Os 190.2 5d ⁶ 6s ²	Ir 192.22 5d ⁷ 6s ¹	Pt 195.08 5d ⁹ 6s ¹	Au 196.97 5d ¹⁰ 6s ¹	Hg 200.59 5d ¹⁰ 6s ²	Tl 204.36 6p ¹	Pb 207.2 6p ²	Bi 208.98 6p ³	Po (209) 6p ⁴	At (210) 6p ⁵	Rn (222) 6p ⁶		
7	Fr (223) 7s ¹	Ra 226.03 7s ²	Ac 227.03 6d ¹ 7s ²	Rf (261) 6d ² 7s ²	Db (262) 6d ³ 7s ²	Sg (266) 6d ⁴ 7s ²	Bh (264) 6d ⁵ 7s ²	Hs (269) 6d ⁷ 7s ²	Mt (268) 6d ⁷ 7s ²	110 (271)	111 (272)	112 (277)	114 (289)	116 (289)	118 (293)					

