

Nom _____ **SOLUTIONS** _____

Numéro d'étudiant.e _____

Professeur Marc de Montigny
Date Jeudi, 14 avril 2016, de 9 h à midi
Lieu Gymnase de la Faculté Saint-Jean

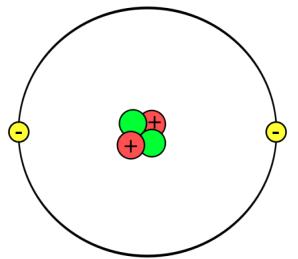
Instructions

- Cet examen contient **14 pages**, incluant un tableau périodique et deux pages vides pour vos calculs. Écrivez-y directement vos réponses.
- L'examen contient **40 points**. Il vaut **40%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **16 questions**. Vous pouvez obtenir une partie des points même si votre réponse finale est incorrecte.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille recto-verso) que vous aurez complété. Vous pouvez perdre 5/40 si vous y avez inclus des solutions ou si vous ne retournez pas l'aide-mémoire avec l'examen.
- Matériel permis: aide-mémoire, crayons ou stylos, calculatrice. Tout autre appareil électronique ou moyen de communication est interdit. Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

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

Question 1. Énergie d'un ensemble de charges [2.0 points]

Une représentation simplifiée d'un atome d'hélium (à droite) contient trois charges : une ($+2e$) au centre et deux autres ($-e$ chaque) diamétralement opposées. Prenez le rayon du cercle égal à 3.0×10^{-11} m. Quel est le travail externe, en eV, requis pour assembler ces charges ainsi, si elles sont initialement à l'infini ? Ce système est-il spontanément lié ou instable ?
(Prenez $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)



Solution

$$W = \sum_{\text{paires}} U = U_{12} + U_{13} + U_{23}, \quad U = \frac{kq_a q_b}{r_{ab}}$$

$$W = -\frac{k(2e^2)}{r} + \frac{ke^2}{2r} - \frac{k(2e^2)}{r} = -\frac{7ke^2}{2r} = -2.69 \times 10^{-17} \text{ J} = -170 \text{ eV}$$

Comme ce travail externe est négatif, les charges sont attirées; le système est **lié**.

Question 2. Combinaison de condensateurs [2.5 points]

Considérez la combinaison des sept condensateurs à droite.

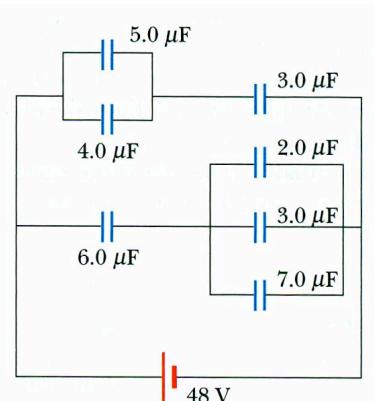
- Quelle est la capacité équivalente C_{eq} ?
- Quelle est la charge équivalente, distribuée sur l'ensemble du circuit ?
- Est-ce que certains condensateurs auront des différences de potentiel égales ? Si oui, lesquels ?

Solutions

A. $\left((2+3+7)^{-1} + 6^{-1} \right)^{-1} + \left((5+4)^{-1} + 3^{-1} \right)^{-1} = 6.25 \mu\text{F}$

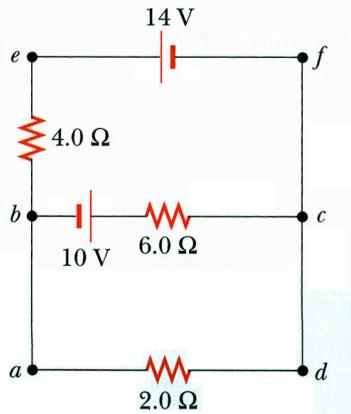
B. $Q = C_{\text{eq}} V = 300 \mu\text{C}$

C. Oui les C en parallèle : 5.0 et 4.0 μF , et 2.0, 3.0 et 7.0 μF



Question 3. Lois de Kirchhoff [3.5 points]

- Le circuit ci-contre contient trois résistances et deux piles.
- Déterminez la grandeur et la direction du courant dans chaque branche.
 - Si on prend $V_a = 0$ V, que vaut V_c ?



Solutions

A. Prenons les courants tels qu'indiqués à droite.

$$\text{Noeud } b : I_1 + I_2 = I_3 \quad (1)$$

$$\text{Maille du bas : } 10 - 6I_2 - 2I_3 = 0 \quad (2)$$

$$\text{Maille du haut : } -14 + 6I_2 - 10 - 4I_1 = 0 \text{ ou } -12 + 3I_2 - 2I_1 = 0 \quad (3)$$

$$(\text{Maille périphérique : } +14 + 2I_3 + 4I_1 = 0)$$

De (1) dans (2) :

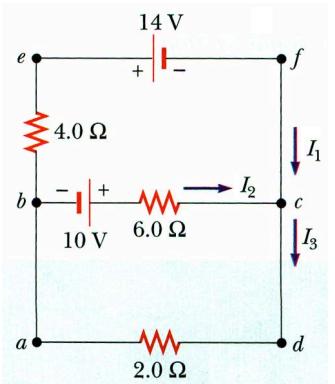
$$10 - 6I_2 - 2I_1 - 2I_2 = 0, \quad 10 = 2I_1 + 8I_2 \quad (4)$$

De (3) et (4) :

$$-12 + 3I_2 + 8I_2 = 10 \text{ et } 11I_2 = 22 \text{ d'où } I_2 = 2.0 \text{ A. De (3), on voit que } I_1 =$$

-3.0 A et de (1), $I_3 = -1.0 \text{ A}$. Donc I_2 est vers la droite, mais I_1 et I_3 sont dans le sens opposé au schéma.

B. Comme le courant va de a vers d , $V_d < V_a$, et on a $V_d = -2.0 \text{ V}$. Comme $V_c = V_d$, on a $V_c = -2.0 \text{ V}$



Question 4. Particule dans des champs électrique et magnétique [2.0 points]

Un électron (masse 9.11×10^{-31} kg, charge -1.60×10^{-19} C) pénètre à vitesse 5.62×10^5 m/s vers la direction $+x$, dans une région où il y a un champ électrique \mathbf{E} de 3.75×10^3 V/m dans la direction $-y$ et un champ magnétique \mathbf{B} de 14.0 mT dans la direction $+y$. Quelles sont les composantes du vecteur accélération \mathbf{a} ?

Solution

$$\vec{v} \times \vec{B} = (5.62 \times 10^5)(0.014) = 7.87 \times 10^3 \text{ vers } +z. \quad \vec{F}_E = q\vec{E} = 6.00 \times 10^{-16} \text{ N vers } y, \text{ et}$$

$$\vec{F}_B = q(\vec{v} \times \vec{B}) = 1.26 \times 10^{-15} \text{ vers } -z. \text{ De } \vec{a} = \frac{\vec{F}_E + \vec{F}_B}{m}, \text{ on trouve}$$

$$\mathbf{a} = 6.59 \times 10^{14} \vec{y} - 1.38 \times 10^{15} \vec{z} \text{ m/s}^2$$

Question 5. Force magnétique sur un courant [2.0 points]

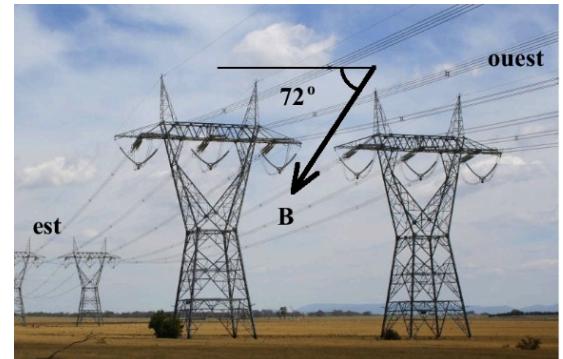
Une ligne de transport d'électricité est telle que le courant de 100 A se dirige vers l'est. En un certain point, le champ magnétique terrestre vaut 0.584 G et pointe vers le nord à 72° sous l'horizontale. Quelle est la grandeur et la direction de la force magnétique exercée sur une longueur de 85.0 m de câble ?

Solution

$$1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$$

$$F = ILB \sin \theta = (100)(85)(0.584 \times 10^{-4}) \sin 90 = 0.496 \text{ N}$$

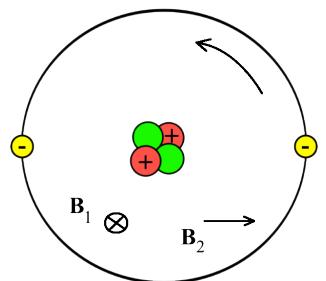
vers le nord à 18° au-dessus de l'horizontale.



Question 6. Moment magnétique [3.0 points]

Dans un atome d'hélium, deux électrons tournent dans le sens antihoraire autour du noyau. Prenez le rayon égal à 3.0×10^{-11} m, et la vitesse des deux électrons égale à 4.4×10^6 m/s.

- A. Quelle est la direction du moment magnétique $\vec{\mu}$ associé au mouvement de cette paire d'électrons ?
- B. Quelle est la grandeur du moment magnétique $\vec{\mu}$ des électrons ?
- C. Si on a un champ magnétique \vec{B}_1 , de grandeur 1.2 T, qui entre dans la page, quelle sera la grandeur du moment de force τ sur l'atome ?
- D. Sous l'action du champ \vec{B}_1 , dans quelle direction l'atome aura-t-il tendance à tourner ?
- E. Si on a plutôt un champ magnétique \vec{B}_2 , de grandeur 1.2 T, vers la droite, quelle sera la grandeur du moment de force τ sur l'atome ?
- F. Sous l'action du champ \vec{B}_2 , dans quelle direction l'atome aura-t-il tendance à tourner ?



Solutions

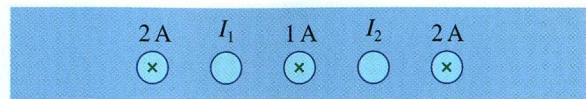
- A. Entre dans la page
- B. $\mu = IA$ avec $I = \frac{2e}{T} = \frac{(2e)v}{2\pi r} = \frac{ev}{\pi r}$ et $A = \pi r^2$, donne

$$\mu = evr = (1.6 \times 10^{-19})(4.4 \times 10^6)(3.0 \times 10^{-11}) = 2.1 \times 10^{-23} \text{ A}\cdot\text{m}^2$$
- C. zéro car $\vec{\mu}$ et \vec{B} sont parallèles.
- D. Pas de rotation.
- E. $\tau = (2.1 \times 10^{-23})(1.2) \sin(90^\circ) = 2.5 \times 10^{-23} \text{ N}\cdot\text{m}$
- F. Sens horaire vu du haut

Question 7. Champ magnétique créé par des courants

[2.0 points]

La figure de droite illustre cinq longs fils conducteurs parallèles parcourus par des courants et disposés à une distance égale les uns des autres. Pour quelle valeur de I_2 la force magnétique totale est-elle nulle sur I_1 ?



Solutions

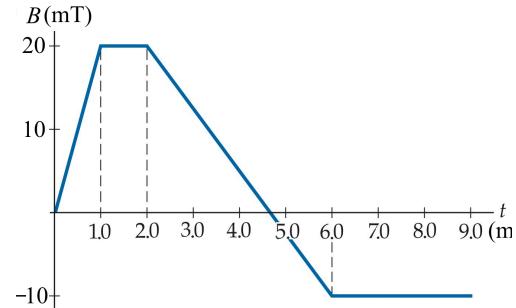
$\mathbf{F} = \mathbf{0}$ si $\mathbf{B} = \mathbf{0}$. En considérant les 4 autres courants à partir de la gauche, avec $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, le \mathbf{B} sur I_1 est (+ vers le haut, - vers le bas)

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi r} \left(-\frac{2}{1} + \frac{1}{1} + \frac{I_2}{2} + \frac{2}{3} \right) = 0 \text{ si } \frac{I_2}{2} = 1 - \frac{2}{3} \text{ d'où } I_2 = 0.67 \text{ A entrant dans la page}$$

Question 8. Loi de Faraday-Lenz [2.5 points]

La figure de droite montre la grandeur B d'un champ magnétique en fonction du temps. Ce champ \mathbf{B} fait un angle de 30° avec le plan d'une boucle circulaire de rayon 2.35 cm et contenant 125 enroulements. Calculez la grandeur de la fém induite dans cette boucle à l'instant :

- A. $t = 0.5 \text{ ms}$,
- B. $t = 1.5 \text{ ms}$,
- C. $t = 2.5 \text{ ms}$,
- D. $t = 7.5 \text{ ms}$.



Solutions

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t} = -(125)(\pi(0.0235)^2) \cos(90 - 30) \times \text{pente} = -0.108434 \times \text{pente}$$

angle = $90 - 30$ car 30 est entre B et le plan de la boucle

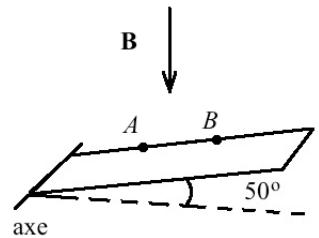
A. pente = $\frac{0.020}{0.001} = +20$, $\varepsilon = -2.17 \text{ V}$

B,D. pente = 0, $\varepsilon = 0.00 \text{ V}$

C. pente = $\frac{-0.030}{0.004} = -7.5$, $\varepsilon = 0.813 \text{ V}$

Question 9. Loi de Lenz [2.0 points]

Dans une région où un champ magnétique \mathbf{B} pointe verticalement vers le bas, le plan d'une boucle rectangulaire fait initialement un angle de 50° par rapport à l'horizontale. Si le plan tombe autour de l'axe indiqué, de sorte que l'angle diminue, le courant induit dans boucle ira-t-il de A vers B ou de B vers A ?



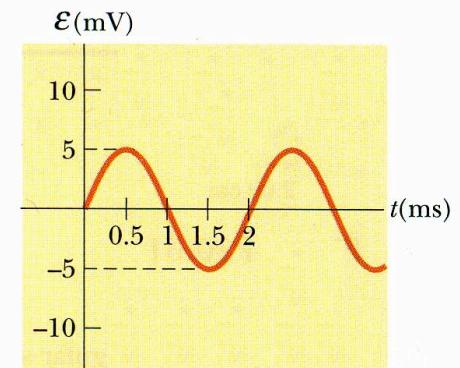
Réponse

Le flux augmente (car $\cos\theta_i = \cos 50^\circ < \cos\theta_f = 1$ car l'angle entre \mathbf{B} et la perpendiculaire au plan est 50°), \mathbf{B} induit est opposé à \mathbf{B} donc vers le haut, et le courant induit va **de B vers A**.

Question 10. Générateurs [3.0 points]

La figure ci-dessous montre la fém induite en fonction du temps pour un générateur qui contient un bobine de N enroulements, qui tourne à une vitesse angulaire ω dans un champ magnétique uniforme et perpendiculaire à l'axe de la bobine. En utilisant les axes ci-dessous, tracez les graphiques de la fém en fonction du temps t si

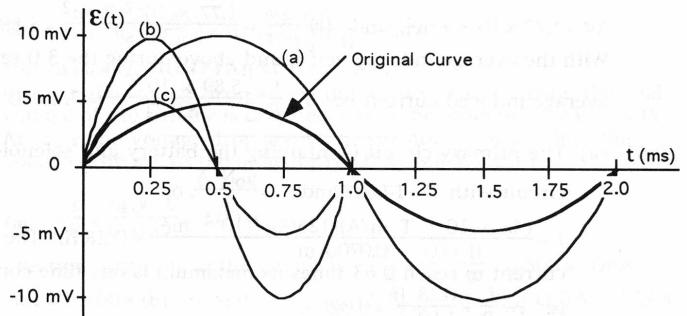
- A. on double le nombre d'enroulements,
- B. on double la vitesse angulaire, et
- C. on double la vitesse angulaire et on réduit le nombre d'enroulements par deux.



Solution

$$\mathcal{E}_{\max} = NBA\omega, \text{ donc}$$

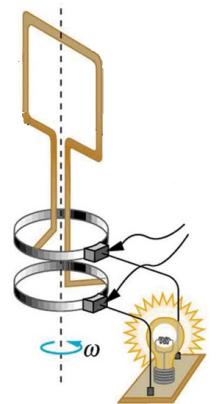
- A. si on double N , \mathcal{E}_{\max} double mais T ne change pas
- B. si on double ω , \mathcal{E}_{\max} double et T est divisé par deux
- C. si on double ω et N est divisé par deux, \mathcal{E}_{\max} ne change pas et T est divisé par deux



Question 11. Générateurs [2.0 points]

La figure montre une bobine carrée de 24.0 cm par 24.0 cm avec 125 enroulements qui tourne autour d'un axe vertical à une vitesse angulaire de 870 rpm (révolutions par minute). Seul le champ magnétique **B** terrestre est présent, avec une composante horizontale de 3.80×10^{-5} T et la composante verticale de 2.85×10^{-5} T.

- Expliquez quelle composante de **B** est utile pour le calcul de la fém induite : horizontale ou verticale ?
- Quelle est la valeur de la fém induite maximum dans cette bobine ?



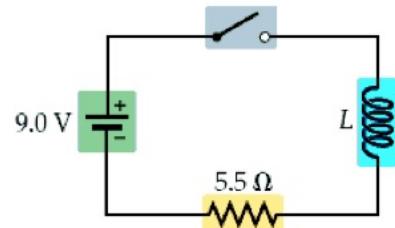
Solutions

- La composante verticale est parallèle au plan de la bobine en tout temps, de sorte que dans $\Phi = BA \cos \theta$, on a toujours $\theta = 90^\circ$ et donc le flux est nul. C'est donc la **composante horizontale** qui est utile.
- $$\mathcal{E}_{\max} = NBA\omega = (125)(3.8 \times 10^{-5})(0.24^2) \left(\frac{870 \times 2\pi}{60} \right) = 24.9 \text{ mV}$$

Question 12. Circuits RL [3.0 points]

Un circuit RL contient une pile de 9.00 V branchée à une résistance de 5.50Ω et une bobine d'inductance L . Quand on ferme l'interrupteur, à $t = 0$, le courant passe de zéro à 295 mA en 160 ms.

- Quelle est l'inductance L de cette bobine ?
- À quel instant t le courant vaut-il 1.00 A ?
- Quel sera le I_{\max} atteint après t élevé ?



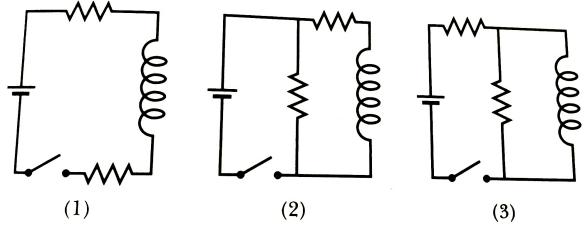
Solutions

- $$I = \frac{\mathcal{E}}{R} \left(1 - \exp \left(-\frac{tR}{L} \right) \right)$$
, qui donne

$$L = \frac{-tR}{\ln \left(1 - \frac{RI}{\mathcal{E}} \right)} = \frac{-(0.16)(5.5)}{\ln \left(1 - \frac{5.5(0.295)}{9} \right)} = 4.43 \text{ H}$$
- $$t = -\frac{L}{R} \ln \left(1 - \frac{RI}{\mathcal{E}} \right) = -\frac{4.43}{5.5} \ln \left(1 - \frac{5.5}{9} \right) = 0.761 \text{ s}$$
- $$I_{\max} = \frac{\mathcal{E}}{R} = 1.64 \text{ A}$$

Question 13. Circuits RL [2.0 points]

La figure de droite montre trois circuits avec des piles, résistances et bobines d'induction identiques. Classez ces circuits en ordre croissant du courant qui passe par la pile, longtemps après avoir fermé l'interrupteur.

**Solution**

À t élevé, on remplace les bobines pour un fil. Il reste donc (1) 2 R en série, (2) 2 R en parallèle, et (3) une R, donc (1) $R_1 = 2R$, (2) $R_2 = R/2$ et (3) $R_3 = R$. On a donc $I_1 < I_3 < I_2$

Question 14. Dosimétrie [2.0 points]

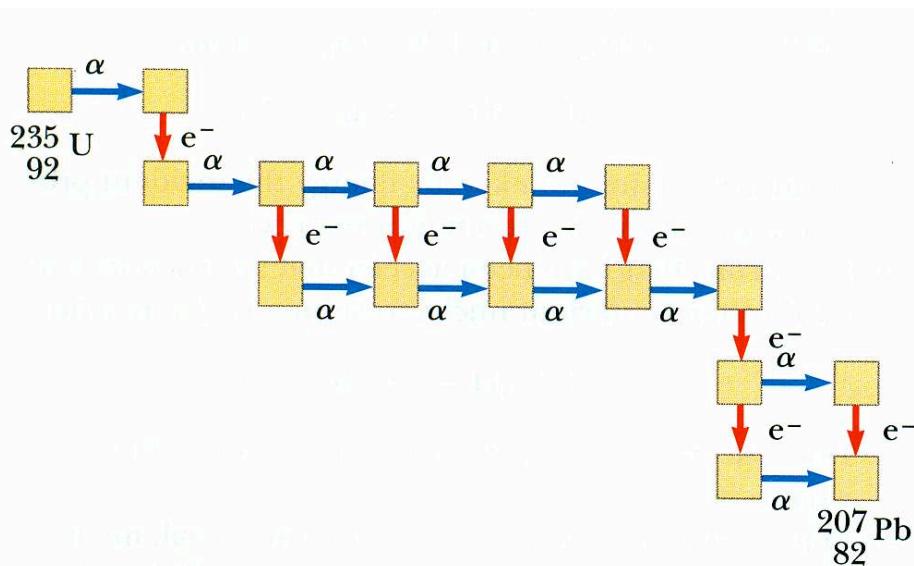
Des radiographies à rayons X utilisent des particules dont l'efficacité vaut RBE = 0.90. On expose 1/5 (un cinquième) du corps d'un homme de 80 kg avec une dose de 40 mrem. Quelle est l'énergie absorbée par ce patient, en mJ ?

Solution

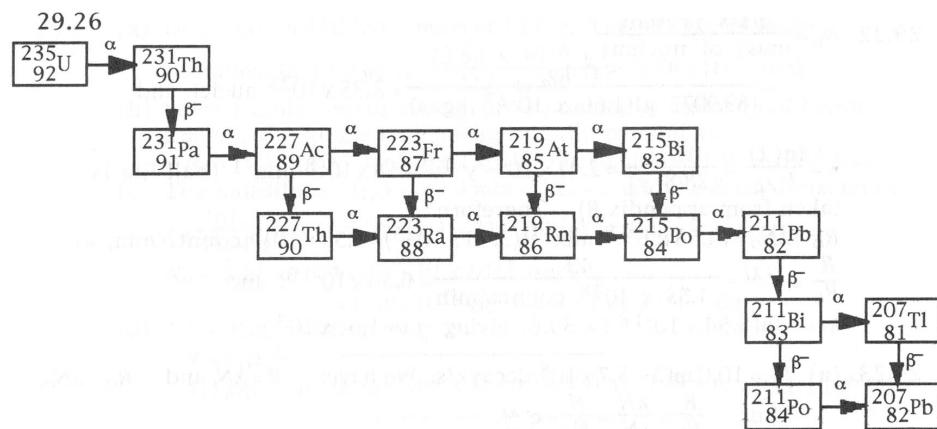
$$\text{énergie} = \text{dose (J/kg)} \times \text{masse} = \frac{\text{dose (rem)}}{\text{RBE}} \times \text{masse} = \frac{0.040}{0.90} \times 10^{-2} \times \frac{80}{5} = 7.1 \text{ mJ}$$

Question 15. Désintégrations nucléaires [3.0 points]

La figure ci-dessous illustre les étapes par lesquelles l'uranium-235 se désintègre en plomb-207. Inscrivez les noms des isotopes dans chaque carré. Un tableau périodique se trouve à page 12.

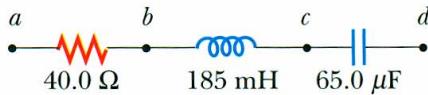


Réponses



Question 16. Circuit RLC à courant alternatif [3.5 points]

Une source à courant alternatif avec $V_{\max} = 150$ V et $f = 50.0$ Hz est branchée aux points a et d du montage ci-dessous.



- A. Calculez la valeur efficace I_{rms} du courant dans ce circuit.
- B. Calculez le déphasage ϕ entre le courant et le voltage à la source.

Calculez V_{rms} entre les points:

- C. a et b ,
- D. b et c ,
- E. c et d ,
- F. b et d .

Solutions

A. $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ où $X_L = \omega L = 2\pi f L = 58.1$ ohms et

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = 48.97 \text{ ohms. Ceci donne } Z = 41.0 \text{ ohms. On a } V_{\text{rms}} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}} = 106 \text{ V,}$$

de sorte $I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{Z} = 2.59 \text{ A}$

B. $\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$ implique que $\phi = 12.9^\circ$

C. $V_R = RI_{\text{rms}} = 103 \text{ V}$

D. $V_L = X_L I_{\text{rms}} = 150 \text{ V}$

E. $V_C = X_C I_{\text{rms}} = 127 \text{ V}$

F. $V_{LC} = \sqrt{(X_L - X_C)^2} I_{\text{rms}} = 23.7 \text{ V}$

PERIODS

	GROUP I	GROUP II	Transition elements										GROUP III	GROUP IV	GROUP V	GROUP VI	GROUP VII	GROUP VIII
1	1 H 1.01 1s ¹																2 He 4.00 1s ²	
2	3 Li 6.94 2s ¹	4 Be 9.01 2s ²											5 B 10.81 2p ¹	6 C 12.01 2p ²	7 N 14.01 2p ³	8 O 16.00 2p ⁴	9 F 19.00 2p ⁵	10 Ne 20.18 2p ⁶
3	11 Na 22.99 3s ¹	12 Mg 24.31 3s ²											13 Al 26.98 3p ¹	14 Si 28.09 3p ²	15 P 30.97 3p ³	16 S 32.07 3p ⁴	17 Cl 35.45 3p ⁵	18 Ar 39.95 3p ⁶
4	19 K 39.10 4s ¹	20 Ca 40.08 4s ²	21 Sc 44.96 3d ¹ 4s ²	22 Ti 47.88 3d ² 4s ²	23 V 50.94 3d ³ 4s ²	24 Cr 52.00 3d ⁵ 4s ¹	25 Mn 54.94 3d ⁵ 4s ²	26 Fe 55.85 3d ⁶ 4s ²	27 Co 58.93 3d ⁷ 4s ²	28 Ni 58.69 3d ⁸ 4s ²	29 Cu 63.55 3d ¹⁰ 4s ¹	30 Zn 65.39 3d ¹⁰ 4s ²	31 Ga 69.72 4p ¹	32 Ge 72.61 4p ²	33 As 74.92 4p ³	34 Se 78.96 4p ⁴	35 Br 79.90 4p ⁵	36 Kr 83.80 4p ⁶
5	37 Rb 85.47 5s ¹	38 Sr 87.62 5s ²	39 Y 88.96 4d ² 5s ²	40 Zr 91.22 4d ² 5s ¹	41 Nb 92.91 4d ⁴ 5s ¹	42 Mo 95.94 (98)	43 Tc 101.07 4d ⁵ 5s ²	44 Ru 102.91 4d ⁷ 5s ¹	45 Rh 106.42 4d ⁸ 5s ¹	46 Pd 107.87 4d ¹⁰ 5s ⁶	47 Ag 112.41 4d ¹⁰ 5s ¹	48 Cd 114.82 4d ¹⁰ 5s ²	49 In 118.71 5p ¹	50 Sn 121.76 5p ²	51 Sb 127.60 5p ³	52 Te 126.90 5p ⁴	53 I 131.29 5p ⁵	54 Xe 131.29 5p ⁶
6	55 Cs 132.91 6s ¹	56 Ba 137.33 6s ²	57 La 138.91 5d ¹ 6s ²	72 Hf 178.49 5d ² 6s ²	73 Ta 180.95 5d ³ 6s ²	74 W 183.85 5d ⁴ 6s ²	75 Re 186.21 5d ⁵ 6s ²	76 Os 190.2 5d ⁶ 6s ²	77 Ir 192.22 5d ⁷ 6s ²	78 Pt 195.08 5d ⁹ 6s ¹	79 Au 196.97 5d ¹⁰ 6s ¹	80 Hg 200.59 5d ¹⁰ 6s ²	81 Tl 204.36 6p ¹	82 Pb 207.2 6p ²	83 Bi 208.98 6p ³	84 Po (209) (210)	85 At (220) (222)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223) 226.03	88 Ra 226.03	89 Ac 227.03	104 Rf *(261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (269)	109 Mt (268)	110 (271)	111 (272)	112 (277)		114 (289)		116 (289)		118 (293)

Atomic number
Outer electron configuration
Symbol
Atomic mass

	f													
*	Lanthanides													
+	Actinides													

© 2010 Pearson Education, Inc.

page vide pour calculs

page vide pour calculs