

Nom

SOLUTIONS

Numéro d'étudiant _____

Professeur

Marc de Montigny

Date

mardi 16 avril 2019, de 9 h à midi

Local

gymnase de la Faculté Saint-Jean

INSTRUCTIONS

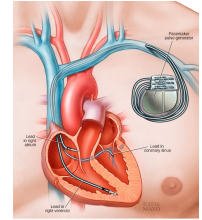
- Ce cahier contient 11 pages, incluant un tableau périodique à la dernière page. Écrivez-y directement vos réponses. Vous pouvez utiliser le verso pour vos calculs. Je ne le corrigerai pas, sauf si vous m'indiquez de le faire.
- L'examen contient 45 points et vaut 45% de la note finale du cours.
- L'examen contient 18 questions. Pour certaines questions, vous pourrez obtenir des points partiels même si votre réponse finale est erronée. 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 10/45 si vous y avez inclus des solutions ou ne retournez pas votre 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, demandez-moi de clarifier!

Question 1. Charge et courant électriques [1.5 point]

Un pacemaker fonctionne à l'aide d'une pile dont la charge vaut 0.480 A·h.

- (a) Que vaut cette charge en coulomb (C)?
- (b) Si cette pile a une durée de vie de 9.50 années, quel courant moyen s'écoule de la pile?
- (c) Avec ce courant, combien d'électrons passent par seconde?



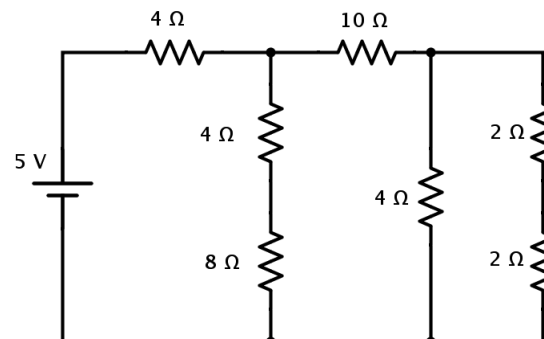
Solutions

- (a) $0.48 \text{ A}\cdot\text{h} = 0.48 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 3600 \text{ s} = 1728 \approx 1730 \text{ C}$
- (b) $I = Q/t = \frac{1728}{9.5 \times 365 \times 24 \times 3600} = 5.77 \mu\text{A}$
- (c) $5.77 \times 10^{-6} / 1.6 \times 10^{-19} = 3.61 \times 10^{13}$

Question 2. Combinaison de résistances [3.5 points]

Une pile de 5 V est branchée à une combinaison de sept résistances, montrée ci-dessous.

- (a) Quelle est la résistance équivalente de cette combinaison de résistances?
- (b) Quelle est la grandeur du courant dans la pile?
- (c) Quelle est la puissance fournie par la pile?
- (d) Quel est la grandeur du courant dans la résistance de 8 Ω?
- (e) À quel taux, en watt, l'énergie est-elle dissipée dans la résistance de 8 Ω?



Solutions

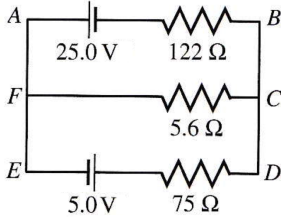
- (a) De la droite vers la gauche: $2 + 2 = 4$, $(4^{-1} + 4^{-1})^{-1} = 2$, $10 + 2 = 12$, $(12^{-1} + (4 + 8)^{-1})^{-1} = 6$, $6 + 4 = 10 \Omega$
- (b) $I = V/R = 5/10 = 0.5 \text{ A}$
- (c) $P = VI = (5)(0.5) = 2.5 \text{ W}$
- (d) Il y a 0.5 A dans la première résistance de 4 Ω à gauche, ce qui donne 2 V dans cette résistance, et il reste $5 - 2 = 3 \text{ V}$ dans l'ensemble de 4 Ω et 8 Ω, ce qui donne un courant de $I = V/R = 3/12 = 0.25 \text{ A}$
- (e) $P = RI^2 = (8)(0.25)^2 = 0.5 \text{ W}$

suite à la page suivante...

Question 3. Lois de Kirchhoff [4.0 points]

Considérez le circuit ci-dessous, qui contient trois résistances et deux piles (attention à la direction des fém). Pour chacune des résistances, indiquez la *grandeur* et le *sens* (c.-à-d. vers la gauche ou la droite) du courant conventionnel:

- (a) AB
- (b) FC
- (c) ED



Solutions

Choisissons les trois courants vers la gauche avec I_1 en haut, I_2 au milieu et I_3 en bas. Les équations de Kirchhoff possibles sont:

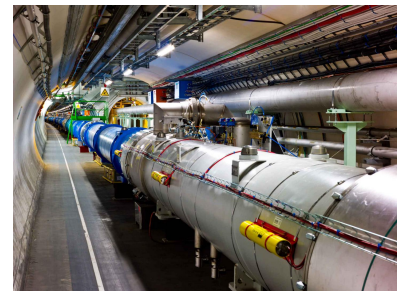
- (1) grande boucle: $-122I_1 + 25 + 5 + 75I_3 = 0$
- (2) boucle supérieure: $-122I_1 + 25 + 5.6I_2 = 0$
- (3) boucle inférieure: $-5.6I_2 + 5 + 75I_3 = 0$
- (4) noeud F: $I_1 + I_2 + I_3 = 0$

En résolvant trois de ces quatre équations, en l'occurrence (4) et deux parmi (1)-(3), on obtient $I_1 = 0.20$ A, $I_2 = -0.12$ A et $I_3 = -0.076$ A, de sorte que les réponses sont:

- (a) 0.20 A vers la gauche
- (b) 0.12 A vers la droite
- (c) 0.076 A vers la droite

Question 4. Protons dans un champ magnétique [2.0 points]

Si on représente l'anneau du *Large Hadron Collider*, au CERN, comme un champ magnétique uniforme, quelle doit être sa grandeur si un proton (masse 1.67×10^{-27} kg, charge 1.6×10^{-19} C) y décrit une trajectoire circulaire de circonférence 27 km à la vitesse de la lumière, 3×10^8 m/s? (Remarque: en réalité, le champ est beaucoup plus grand que votre réponse.)



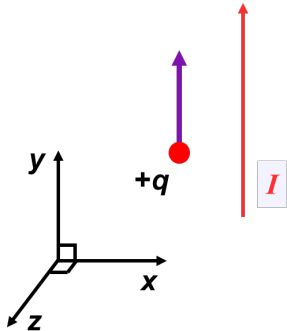
Solution

$$mv = qBr \text{ et } C = 2\pi r \text{ donnent } B = \frac{mv}{e} \frac{2\pi}{C} = 7.29 \text{ G}$$

suite à la page suivante...

Question 5. Force magnétique [2.0 points]

Une particule de charge positive $+q$ se déplace vers le haut, parallèlement à un fil conducteur dont le courant I pointe vers le haut. En termes des axes indiqués, dans quelle direction pointe alors la force magnétique \mathbf{F}_M sur la particule: $+x$, $-x$, $+y$, $-y$, $+z$, $-z$, ou $\mathbf{B} = \mathbf{0}$?

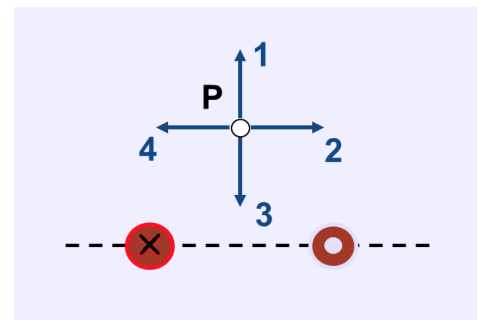


Réponse

À la position de la particule, \mathbf{B} créé par le fil pointe vers $+z$, et \mathbf{F}_M pointe vers $+x$.

Question 6. Loi d'Ampère [1.5 point]

Deux fils conducteurs, parallèles entre eux et perpendiculaires à la page, ont des courants de même grandeur mais de sens opposés. Le courant de gauche entre dans la page et celui de droite en sort. Dans quelle direction pointera le champ magnétique net \mathbf{B} au point P: 1, 2, 3, 4 ou si $\mathbf{B} = \mathbf{0}$?



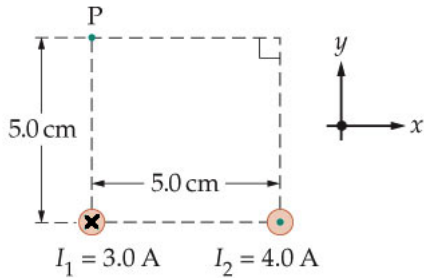
Réponse

En utilisant la règle de la main droite, on voit que le fil de gauche génère un champ vers le bas à droite et le fil de droite, un champ vers le bas à gauche. La somme de ces vecteurs est donc vers le bas.

suite à la page suivante...

Question 7. Loi d'Ampère [4.0 points]

La figure ci-dessous compte deux fils perpendiculaires à la page et parallèles entre eux. I_1 entre dans la page et I_2 en sort. Calculez la *grandeur* et la *direction* du champ magnétique net \mathbf{B} généré par ces deux courants au point P.



Solution

Nous utilisons la loi d'Ampère: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$. Du courant I_1 , on a $\mathbf{B}_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \mathbf{x}$, où $d = 0.05$ m, qui donne $\mathbf{B}_1 = 1.2 \times 10^{-5} \mathbf{x}$ T. Pour le courant I_2 , la grandeur de la force à P est $B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi D}$ où $D = \sqrt{2}(0.05) = 0.07071$ m, de sorte que $B_2 = 1.131 \times 10^{-5}$ T, avec direction vers le bas à gauche, c.-à-d. $\mathbf{B}_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi D} \left(-\frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{x} - \frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{y} \right)$. Il reste à additionner les vecteurs:

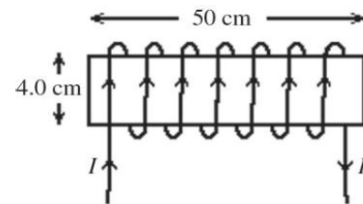
$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2 = 1.2 \times 10^{-5} \mathbf{x} + (1.131 \times 10^{-5}) \left(-\frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{x} - \frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{y} \right) = 4 \times 10^{-6} \mathbf{x} - 8 \times 10^{-6} \mathbf{y}$$

Ce qui donne $\mathbf{B} = 8.9 \mu\text{T}$ à 63° sous l'axe $+x$

Question 8. Champ magnétique créé par des courants [2.5 points]

Un solénoïde idéal compte 470 enroulements autour d'un cylindre de diamètre égal à 4.00 cm et de longueur 50.0 cm. Quand un courant I circule dans le solénoïde, un champ magnétique de grandeur B apparaît au centre du solénoïde.

- (a) Avec le courant I montré ci-dessous, \mathbf{B} pointera-t-il vers la gauche ou la droite?
 (b) Quel courant I produira un champ $B = 4.10$ mT?



Réponses

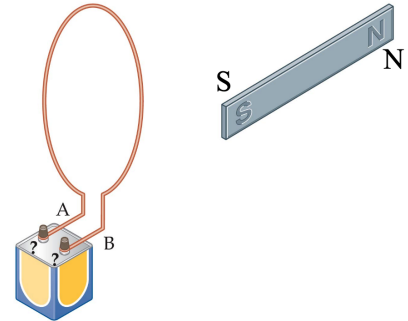
(a) vers la gauche

(b) $I = \frac{B}{\mu_0 n} = \frac{4.1 \times 10^{-3}}{(4\pi \times 10^{-7})(470/0.5)} = 3.47$ A

suite à la page suivante...

Question 9. Champ B créé par un courant [1.5 point]

Une boucle de fil conducteur est branchée aux bornes d'une pile (voir figure). Si l'aimant est repoussé par le champ magnétique \mathbf{B} créé par cette boucle, laquelle des deux bornes, A ou B, est positive?



Solution

Pour que la boucle repousse l'aimant, il faut que le $\mathbf{B}_{\text{induit}}$ soit opposé au \mathbf{B} de l'aimant: avec N à gauche et S à droite. Donc $\mathbf{B}_{\text{induit}}$ pointe vers la gauche, de sorte que le courant se déplace dans la boucle de B vers A : la borne B est positive.

Question 10. Flux magnétique [1.5 point]

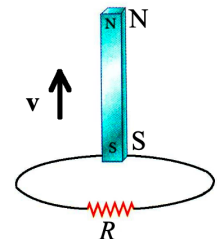
Quel est le flux magnétique Φ_B à travers le plancher d'une maison de 25.0 m par 14.0 m, si le champ magnétique terrestre a une composante horizontale de 0.230 G (gauss) vers le nord et une composante verticale de 0.440 G vers le bas?

Solution

$$\Phi_B = B_V ab = (4.4 \times 10^{-5})(25)(14) = 1.54 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

Question 11. Loi de Lenz [1.5 point]

Une barre aimantée s'éloigne d'une boucle fixe (figure ci-dessous). Le pôle nord est au dessus. Pendant ce mouvement, est-ce que le courant induit dans la boucle circulera vers la gauche ou la droite dans la résistance R ?



Solution

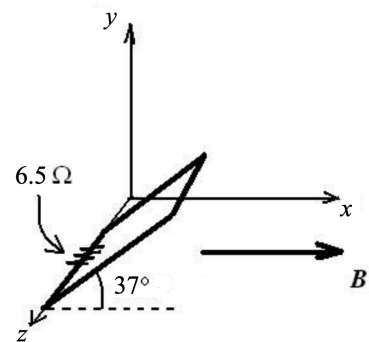
\mathbf{B} vers le haut, Φ_B diminue donc $\mathbf{B}_{\text{induit}}$ vers le haut et I_{induit} vers la droite

suite à la page suivante...

Question 12. Flux magnétique et loi de Faraday-Lenz [3.5 points]

La figure ci-dessous montre un cadre carré dont les côtés mesurent chacun 80 cm avec un côté le long de l'axe z . Initialement, le cadre fait un angle de 37° avec le plan xz . Une résistance de 6.5Ω se trouve sur l'axe z et le cadre contient 64 enroulements. Un champ magnétique uniforme \mathbf{B} de 3500 G pointe vers x . Si, en 0.50 seconde, le cadre est rabattu sur le plan xz (de sorte que l'angle passe de 37° à 0°),

- (a) le courant induit dans la résistance pointera dans quelle direction: $+z$ ou $-z$?
 (b) quelle est la grandeur du courant dans la résistance?



Solutions

- (a) Le flux diminue, donc $\mathbf{B}_{\text{induit}}$ est dans le sens de \mathbf{B} vers $+x$. Vu de la droite, I_{induit} est anti-horaire et le courant dans la résistance pointe vers $-z$
 (b) Le flux passe de $\Phi_{B_i} = BA \sin(37^\circ)$ à $\Phi_{B_f} = 0$. De la loi de Faraday,

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{0 - BA \sin(37^\circ)}{\Delta t} = (-64) \frac{0 - (0.35)(0.8)^2 \sin(37^\circ)}{0.5} = 17.255 \text{ V}$$

de sorte que $I_{\text{induit}} = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{17.255}{6.5} = 2.65 \approx 2.7 \text{ A}$

Question 13. Générateurs [2.0 points]

On construit un générateur avec 355 enroulements de cadres rectangulaires de 13 cm par 19 cm. Quelle est la fém maximale produite par ce générateur quand il tourne à une vitesse angulaire de 505 rpm (révolutions par minute) dans un champ magnétique de 0.55 T?

Solution

$$\mathcal{E}_{\text{max}} = NBA\omega = (355)(0.55)(0.13 \times 0.19) \left(505 \times 2\pi \times \frac{1}{60} \right) = 255 \text{ V}$$

suite à la page suivante...

Question 14. Circuits RL [4.0 points]

Une pile de 9.0 V est branchée en série à une bobine d'induction, une résistance de 180 Ω et un interrupteur initialement ouvert. La bobine contient 690 enroulements, a une surface transversale $A = 0.035 \text{ m}^2$ et une longueur $\ell = 32 \text{ cm}$.

- (a) Quelle est la valeur L de l'inductance de la bobine d'induction?
 (b) Quelle est la constante de temps τ de ce circuit RL?
 (c) Quel est le courant dans ce circuit 0.40 ms après avoir fermé l'interrupteur?
 (d) Quel sera le courant constant final, c.-à-d. à $t \rightarrow \infty$?
 (e) À quel temps t (après avoir fermé l'interrupteur) le courant vaudra-t-il 20 mA?

Solutions

(a) $L = \mu_0 \left(\frac{N^2}{\ell} \right) A = (4\pi \times 10^{-7}) \left(\frac{690^2}{0.32} \right) (0.035) = \boxed{65 \text{ mH}}$

(b) $\tau = \frac{L}{R} = \frac{0.065}{180} = 3.61 \times 10^{-4} \text{ s} = \boxed{0.36 \text{ ms}}$

(c) Le courant à $t = 4 \times 10^{-4} \text{ s}$ vaut

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} \left(1 - e^{-tR/L} \right) = \frac{9}{180} \left(1 - e^{-(4 \times 10^{-4})(180)/0.065} \right) = 0.03348 \approx \boxed{33 \text{ mA}}$$

(d) $I = 9/180 = \boxed{50 \text{ mA}}$

(e) De la relation en partie (c), on trouve

$$t = -\frac{L}{R} \ln \left(1 - \frac{RI}{\mathcal{E}} \right) = -\frac{0.065}{180} \ln \left(1 - \frac{(180)(0.02)}{9} \right) = 1.84 \times 10^{-4} \approx \boxed{0.18 \text{ ms}}$$

Question 15. Transformateurs [2.0 points]

Un transformateur compte 30 enroulements à l'entrée et 750 enroulements à la sortie. Si ce transformateur doit produire 4.80 kV avec un courant de 15.0 mA à la sortie, quels courant et voltage sont requis à l'entrée?

Solution

$$I_1 = I_2 \times \frac{N_2}{N_1} = 0.015 \frac{750}{30} = \boxed{375 \text{ mA}} \quad V_1 = V_2 \times \frac{N_1}{N_2} = 4800 \frac{30}{750} = \boxed{192 \text{ V}}$$

suite à la page suivante...

Question 16. Désintégration nucléaires [2.5 points]

À l'aide du tableau périodique inclus à la dernière page, complétez les réactions ci-dessous:

- (a) ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow \text{_____} + e^- + \bar{\nu}$ Réponse: ${}^{14}_7\text{N}$
- (b) ${}^1_0n + {}^{16}_8\text{O} \rightarrow \text{_____} + {}^2_1\text{H}$ Réponse: ${}^{15}_7\text{N}$
- (c) ${}^{87}_{37}\text{Rb} \rightarrow \text{_____} + e^- + \bar{\nu}$ Réponse: ${}^{87}_{38}\text{Sr}$
- (d) $\text{_____} \rightarrow {}^{140}_{58}\text{Ce} + {}^4_2\text{He}$ Réponse: ${}^{144}_{60}\text{Nd}$
- (e) $\text{_____} \rightarrow {}^{44}_{20}\text{Ca} + e^+ + \nu$ Réponse: ${}^{44}_{21}\text{Sc}$

Question 17. Dosimétrie [3.0 points]

- (a) Si on vous donne une dose en gray (1 Gy = 1 J/kg), comment calculez-vous la dose en rad; autrement dit, si on a x Gy, ceci équivaut à combien de rad?
- (b) La dose biologique équivalente des rayons X de la poitrine vaut environ 0.023 rem. Pour un certain patient, le tissu exposé à la radiation a une masse d'environ 25.2 kg et il absorbe 7.44 mJ d'énergie. Quelle est l'efficacité biologique relative, ou RBE, de la radiation particulière utilisée sur ce tissu?

Solutions

(a) 1 rad = 0.01 Gy donc $(x \text{ Gy}) = (x \text{ Gy}) \times \left(\frac{1 \text{ rad}}{0.01 \text{ Gy}}\right) = 100x \text{ rad}$

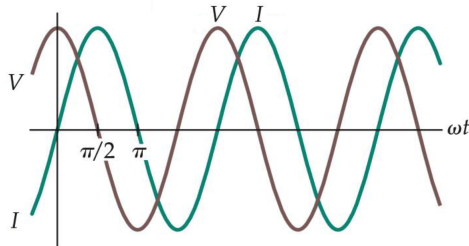
(b) On utilise (dose en rem) = (dose en rad)(RBE) et 1 rad = 0.01 Gy = 0.01 J/kg, ce qui donne

$$\text{RBE} = \frac{\text{dose en rem}}{\text{dose en rad}} = \frac{\text{dose en rem}}{(E/m)(100 \text{ rad/Gy})} = \frac{0.023}{(7.44 \times 10^{-3} / 25.2)(100)} = 0.779 \approx 0.78$$

suite à la page suivante...

Question 18. Circuits à courant alternatif [2.5 points]

Un circuit à courant alternatif contient un générateur de courant et un élément inconnu: bobine, condensateur ou résistance. La figure ci-dessous illustre le courant et le voltage aux bornes de cet élément inconnu.



- (a) L'élément inconnu est-il une bobine, un condensateur ou une résistance? Expliquez brièvement.
(b) Si le générateur a une fréquence de 50 Hz, un courant efficace $I_{\text{rms}} = 7.5 \text{ A}$ et que le voltage efficace à l'élément vaut 220 V, quelle est la valeur caractéristique de l'élément branché au générateur (c.-à-d. L , C ou R , selon le cas)?

Solutions

- (a) Comme V est en avance de 90° par rapport à I , il s'agit d'une bobine d'induction
(b) On a $V_{\text{rms}} = X_L I_{\text{rms}} = 2\pi f L I_{\text{rms}}$, qui donne

$$L = \frac{V_{\text{rms}}}{2\pi f I_{\text{rms}}} = \frac{220}{2\pi(50)(7.5)} = 0.09337 \approx 93 \text{ mH}$$

Bonne chance! Passez un bon été.

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)					

58 Ce 140.12 5d ¹ 4f ⁶ 6s ²	59 Pr 140.91 4f ⁶ 6s ²	60 Nd 144.24 4f ⁶ 6s ²	61 Pm (145) 4f ⁶ 6s ²	62 Sm 150.36 4f ⁶ 6s ²	63 Eu 151.96 4f ⁷ 6s ²	64 Gd 157.25 5d ¹ 4f ⁷ 6s ²	65 Tb 158.93 4f ⁹ 6s ²	66 Dy 162.50 4f ¹⁰ 6s ²	67 Ho 164.93 4f ¹¹ 6s ²	68 Er 167.26 4f ¹² 6s ²	69 Tm 168.93 4f ¹³ 6s ²	70 Yb 173.04 4f ¹⁴ 6s ²	71 Lu 174.97 5d ¹ 4f ¹⁴ 6s ²
90 Th 232.04 6d ² 7s ²	91 Pa 231.04 5f ² 6d ¹ 7s ²	92 U 238.03 5f ³ 6d ¹ 7s ²	93 Np 237.05 5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	94 Pu (244) 5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	95 Am (243) 5f ⁷ 6d ⁰ 7s ²	96 Cm (247) 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	97 Bk (247) 5f ⁹ 6d ¹ 7s ²	98 Cf (251) 5f ¹⁰ 6d ⁰ 7s ²	99 Es (252) 5f ¹¹ 6d ⁰ 7s ²	100 Fm (257) 5f ¹² 6d ⁰ 7s ²	101 Md (258) 5f ¹³ 6d ⁰ 7s ²	102 No (259) 5f ¹⁴ 6d ⁰ 7s ²	103 Lr (262) 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²