J. 11 1055

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE **ANNÉE 2011**

CONCOURS DE RECRUTEMENT D'ÉLÈVES PILOTE DE LIGNE

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

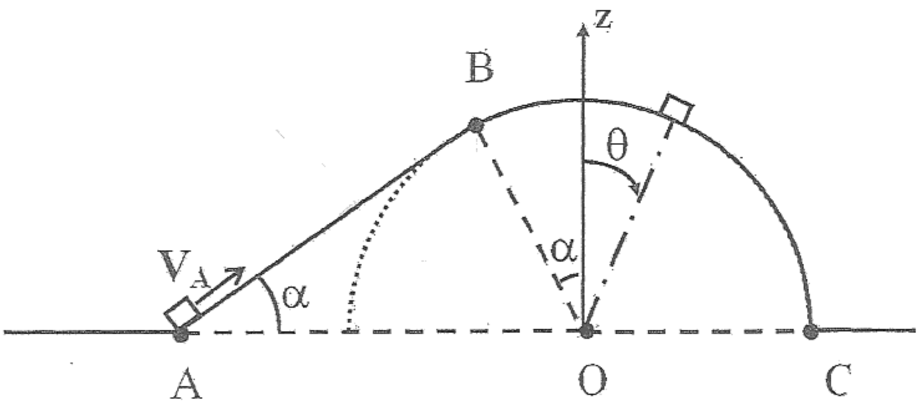
Durée : 2 Heures
Coefficient : 1

Ce sujet comporte :

- 1 page de garde (recto),
- 2 pages (recto-verso) d'instructions pour remplir le QCM,
- 1 page d'avertissement (recto)
- 7 pages de texte (recto-verso).

CALCULATRICE NON AUTORISÉE

1. Un palet M de masse $m = 5{,}0\,\mathrm{kg}$, assimilé à un point matériel, est lancé sur une piste composée d'une portion rectiligne AB et inclinée d'un angle $\alpha = 30\,°$ par rapport à l'horizontale, et d'une portion circulaire BC, de rayon $R = 2\,\mathrm{m}$ et d'angle $\widehat{BOC} = \pi/2 + \alpha$ (cf. figure ci-dessous). Le palet, initialement lancé depuis A avec la vitesse V_A glisse sans frottement sur la piste. On désigne par $g = 10\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$ l'intensité du champ de pesanteur.



Déterminer la vitesse V_B au point B en supposant que ce point est atteint.

A) $V_B = (V_A^2 - 2gR\cos\alpha)^{1/2}$

C) $V_B = V_A - \dfrac{gR\cos\alpha}{V_A}$

B) $V_B = (V_A^2 + gR\sin\alpha)^{1/2}$

D) $V_B = V_A - \dfrac{gR\tan\alpha}{V_A}$

2. Afin que B soit effectivement atteint par le palet, il est nécessaire que $V_A > V_{A,l}$. Evaluer $V_{A,l}$.

A) $V_{A,l} \approx 0{,}1\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ B) $V_{A,l} \approx 1\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ C) $V_{A,l} \approx 6\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ D) $V_{A,l} \approx 30\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$

Pour les questions suivantes on suppose la condition précédente vérifiée.

3. Calculer la durée τ de parcours de la portion AB.

A) $\tau = \dfrac{V_A - (V_A^2 - 2gR\cos\alpha)^{1/2}}{g\sin\alpha}$

C) $\tau = \dfrac{V_A - (2gR\sin\alpha)^{1/2}}{g\cos\alpha}$

B) $\tau = \dfrac{(V_A^2 - 3gR\cos\alpha)^{1/2}}{g\sin\alpha}$

D) $\tau = \dfrac{V_A + (V_A^2 + 2gR\sin\alpha)^{1/2}}{g\cos\alpha}$

4. Déterminer l'expression de la réaction normale R_N du support sur M lors de la phase du mouvement sur l'arc BC en fonction de θ qui est l'angle entre OM et la verticale.

A) $R_N = mg\cos\theta$

C) $R_N = m(g\cos\theta - R\dot{\theta}^2)$

B) $R_N = m(g\sin\theta + R\ddot{\theta})$

D) $R_N = mg\sin\theta$

5. A quelle condition sur V_A n'y aura-t-il pas de décollage avant le sommet?

A) $V_A < (3Rg\cos\alpha)^{1/2}$ B) $V_A < (Rg\tan\alpha)^{1/2}$ C) $V_A < (3Rg)^{1/2}$ D) $V_A < (2Rg\sin\alpha)^{1/2}$

6. Déterminer la valeur θ_d de θ pour laquelle le palet quitte la piste.

A) $\theta_d = \arccos\left(\dfrac{2}{3}\right)$ B) $\theta_d = \arccos\left(\dfrac{V_A^2}{3gR}\right)$ C) $\theta_d = \arcsin\left(\dfrac{V_A R}{2g}\right)$ D) $\theta_d = \arcsin\left(\dfrac{2}{3}\right)$

Tournez la page S.V.P.

7. Un plongeur souhaite explorer une épave sous-marine en effectuant une plongée en apnée. Le corps du plongeur, de masse $M = 80\,\text{kg}$, peut-être considéré, à l'exception de ses poumons, comme incompressible.
Les poumons ont un volume variable : lors d'une inspiration complète le volume est $V_M = 6{,}0\,\text{L}$ et lors d'une expiration complète ce volume devient $V_m = 1{,}5\,\text{L}$. Le reste du corps à un volume $V_0 = 77{,}0\,\text{L}$.
Lors de la descente la cage thoracique se comprime et l'air des poumons est donc à la même pression que l'eau à la profondeur du plongeur. L'eau a une masse volumique $\mu = 1\,000\,\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, la pression atmosphérique à la surface est $P_0 = 1{,}0\,\text{bar}$, on donne la valeur de l'intensité du champ de pesanteur $g = 10\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ et on considère que l'air est un gaz parfait. On donne la constante des gaz parfaits : $R = 8{,}3\,\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$.
Durant toute cette étude on supposera que la température T de l'air reste constante. On choisit un axe vertical Oz descendant et d'origine prise à la surface.
Indiquer la ou les affirmations exactes :
A) Le plongeur flotte s'il inspire totalement mais coule s'il expire totalement
B) Le plongeur flotte lorsqu'il inspire totalement et lorsqu'il expire totalement
C) Le plongeur coule lorsqu'il inspire totalement et lorsqu'il expire totalement
D) Le plongeur coule s'il inspire totalement mais flotte s'il expire totalement

8. Le plongeur inspire totalement avant d'entamer sa descente. Exprimer le volume V de ses poumons en fonction de la profondeur z à laquelle il descend.

A) $V = V_M \dfrac{P_0}{P_0 + \mu g z}$

B) $V = \dfrac{V_M + V_m}{V_M} \exp\left(\dfrac{-\mu g z}{RT}\right)$

C) $V = (V_m + V_M) \dfrac{P_0}{P_0 - \mu g z}$

D) $V = V_M \exp\left(\dfrac{\mu g z}{RT}\right)$

9. A quelle profondeur z_1 la résultante des forces s'appliquant au plongeur est-elle nulle?

A) $z_1 = 5\,\text{m}$ B) $z_1 = 10\,\text{m}$ C) $z_1 = 20\,\text{m}$ D) $z_1 = 40\,\text{m}$

10. A quelle profondeur z_2 ses poumons ont-ils atteint leur volume minimal?

A) $z_2 = 5\,\text{m}$ B) $z_2 = 10\,\text{m}$ C) $z_2 = 30\,\text{m}$ D) $z_2 = 60\,\text{m}$

11. Le plongeur s'équipe d'une bouteille d'air comprimé qui lui fournit, grâce à un détendeur, de l'air à la même pression que l'eau à la profondeur où il se trouve. Le volume de la bouteille est $V_B = 12\,\text{L}$. La composition molaire de l'air est $x_{O2} = 20\%$ et $x_{N2} = 80\%$ où x_{02} et x_{N2} sont respectivement les titres molaires en dioxygène et en diazote. Sachant qu'à partir d'une pression partielle en diazote égale à $P_{lim} = 4{,}0\,\text{bar}$ le plongeur ressent l'ivresse des profondeurs, déterminer la profondeur z_3 à laquelle se manifeste ce phénomène.

A) $z_3 = 300\,\text{m}$ B) $z_3 = 80\,\text{m}$ C) $z_3 = 40\,\text{m}$ D) $z_3 = 20\,\text{m}$

12. Le plongeur effectue 15 respirations par minute chacune ayant une amplitude de $1{,}0\,\text{L}$.
Initialement la pression dans la bouteille est 150 bars et le plongeur doit entamer sa remontée lorsque la pression atteint la valeur de 50 bars. Combien de temps Δt peut-il rester à la profondeur calculée à la question précédente en négligeant la durée de descente?

A) $\Delta t = 1\,\text{h}20\,\text{min}$ B) $\Delta t = 2\,\text{min}$ C) $\Delta t = 16\,\text{min}$ D) $\Delta t = 4\,\text{h}$

---

13. On remplit un bac à glaçons d'eau et on le place dans un congélateur. Le bac à glaçons permet de faire $N = 12$ glaçons cubiques ayant chacun une masse $m = 15\,\text{g}$. Le congélateur est maintenu à la température $T_2 = -18\,°\text{C}$ et l'eau liquide mise dans le bac à glaçons est initialement à température $T_1 = 25\,°\text{C}$. On attend suffisamment longtemps pour que l'équilibre thermique soit atteint.
On note la capacité thermique massique de l'eau liquide c_L, la capacité thermique massique de la glace c_{gl}, l'enthalpie molaire de fusion de la glace à $T_0 = 0\,°\text{C}$, ΔH_f et la masse molaire de l'eau M.
Déterminer la variation d'enthalpie ΔH de l'eau entre son état initial à la température T_1 et son état final à la température T_2.
A) $\Delta H = -Nmc_L(T_1 - T_0) - \dfrac{Nm}{M}\Delta H_f - Nmc_{gl}(T_0 - T_2)$
B) $\Delta H = -Nmc_L(T_1 - T_0) + \dfrac{Nm}{M}\Delta H_f - Nmc_{gl}(T_0 - T_2)$
C) $\Delta H = -Nmc_L(T_1 - T_0) + \dfrac{Nm}{M}\Delta H_f + Nmc_{gl}(T_0 - T_2)$
D) $\Delta H = Nmc_L(T_1 - T_0) + \dfrac{Nm}{M}\Delta H_f + Nmc_{gl}(T_0 - T_2)$

14. Déterminer l'énergie reçue sous forme de chaleur Q par l'eau de la part du congélateur en supposant que l'évolution de l'eau se fasse à pression constante $P_0 = 1{,}0\,\text{bar}$.

A) $Q = 0$ B) $Q = \Delta H$ C) $Q = \dfrac{\Delta H}{T_0}$ D) $Q = \Delta H\dfrac{T_2}{T_0}$

15. Sélectionner la ou les affirmations exactes:
A) L'entropie d'un système fermé ne peut que croître
B) L'entropie est une grandeur conservative
C) L'entropie est une grandeur extensive
D) L'entropie est une grandeur intensive

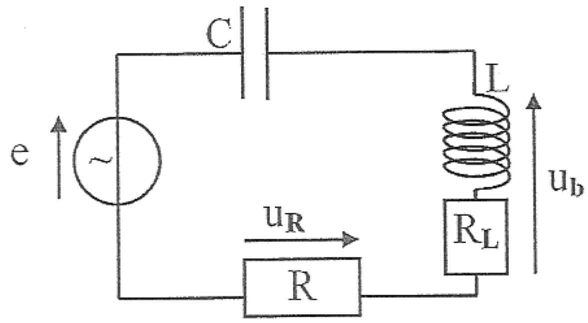
16. Déterminer la variation d'entropie ΔS au cours de la transformation.
A) $\Delta S = -Nmc_L\dfrac{T_1 - T_0}{T_0} + \dfrac{Nm}{MT_0}\Delta H_f - Nmc_{gl}\dfrac{T_0 - T_2}{T_0}$
B) $\Delta S = -Nmc_L\dfrac{T_1 - T_0}{T_2} + \dfrac{Nm}{MT_2}\Delta H_f - Nmc_{gl}\dfrac{T_0 - T_2}{T_2}$
C) $\Delta S = -Nmc_L\ln\left(\dfrac{T_1}{T_0}\right) + \dfrac{Nm}{MT_0}\Delta H_f - Nmc_{gl}\ln\left(\dfrac{T_2}{T_0}\right)$
D) $\Delta S = -Nmc_L\ln\left(\dfrac{T_1}{T_0}\right) - \dfrac{Nm}{MT_0}\Delta H_f - Nmc_{gl}\ln\left(\dfrac{T_2}{T_0}\right)$

17. Si le congélateur était une machine thermique idéale fonctionnant entre la source froide de température T_2 et la source chaude de température T_1, quelle serait son efficacité e_f ?

A) $e_f = 1 - \dfrac{T_2}{T_1}$ B) $e_f = \dfrac{T_2}{T_1 - T_2}$ C) $e_f = \dfrac{T_1}{T_1 - T_2}$ D) $e_f = 1 - \dfrac{T_1}{T_2}$

18. Dans une pièce initialement à température T_1, on met en fonctionnement continu le congélateur avec sa porte grande ouverte durant une longue durée. Sélectionner la ou les affirmations exactes:
A) la température moyenne de la pièce diminue
B) la température moyenne de la pièce reste constante
C) la température moyenne de la pièce s'élève
D) la température moyenne de la pièce varie périodiquement

19. Le circuit RLC série suivant est réalisé avec un condensateur de capacité $C = 240\,\text{nF}$, un résistor de résistance $R = 25\,\Omega$ et une bobine inconnue d'inductance L et de résistance du bobinage R_L. On note $u_b(t)$ la tension aux bornes de cette bobine (cf. figure ci-dessous). Ce circuit est alimenté par un GBF de f.é.m $e(t) = e_m cos(\omega t)$. En notations complexes, la fonction de transfert de ce filtre est $\underline{H} = \underline{u}_b/\underline{e}$.



Déterminer la nature de ce filtre :

A) passe-bas B) passe-haut C) passe-bande D) coupe-bande

20. Lorsque la pulsation du générateur est égale à la pulsation propre du circuit $\omega_0 = (LC)^{-1/2}$, quelle est la valeur du module de $\underline{H}$:

A) $|\underline{H}| = \dfrac{(R_L^2 + L^2\omega_0^2)^{1/2}}{[R^2 + R_L^2 + L^2\omega_0^2 + 1/(C^2\omega_0^2)]^{1/2}}$

B) $|\underline{H}| = \dfrac{R_L}{R + R_L}$

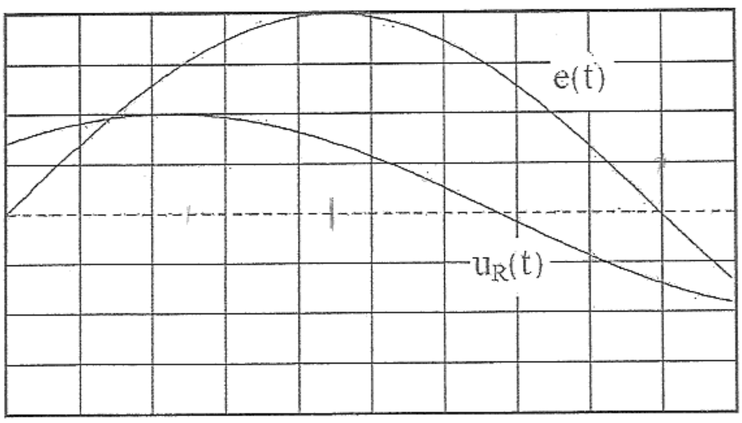
C) $|\underline{H}| = \dfrac{L\omega_0}{[(R+R_L)^2 + L^2\omega_0^2]^{1/2}}$

D) $|\underline{H}| = \dfrac{(R_L^2 + L^2\omega_0^2)^{1/2}}{R + R_L}$

21. L'amplitude de la tension u_R passe par un maximum lorsque la fréquence est $f = 1\,050\,\text{Hz}$. En déduire la valeur de L :

A) $L = 505\,\text{mH}$ B) $L = 96\,\text{mH}$ C) $L = 12\,\mu\text{H}$ D) $L = 3{,}8\,\text{mH}$

22. On observe sur un oscilloscope (cf. figure ci-dessous) les tensions $e(t)$ et $u_R(t)$ à une fréquence f_1 supérieure à $1\,050\,\text{Hz}$. Une demi période du signal du générateur occupe 9 carreaux de l'axe horizontal. Le calibre vertical est le même sur les 2 voies : 1 carreau $= 2\,\text{V}$.



Quel est le déphasage ϕ de u_R par rapport à e ?

A) $\phi = +45\,°$ B) $\phi = -45\,°$ C) $\phi = +90\,°$ D) $\phi = -90\,°$

23. Déduire de ϕ la valeur de R_L :

P

A) $R_L = R(4\pi^2 f_1^2 LC)$

B) $R_L = R - 2\pi L f_1 + \dfrac{1}{2\pi C f_1}$

C) $R_L = 2\pi L f_1 - \dfrac{1}{2\pi C f_1} - R$

D) $R_L = \left(\dfrac{L}{C}\right)^{1/2}$

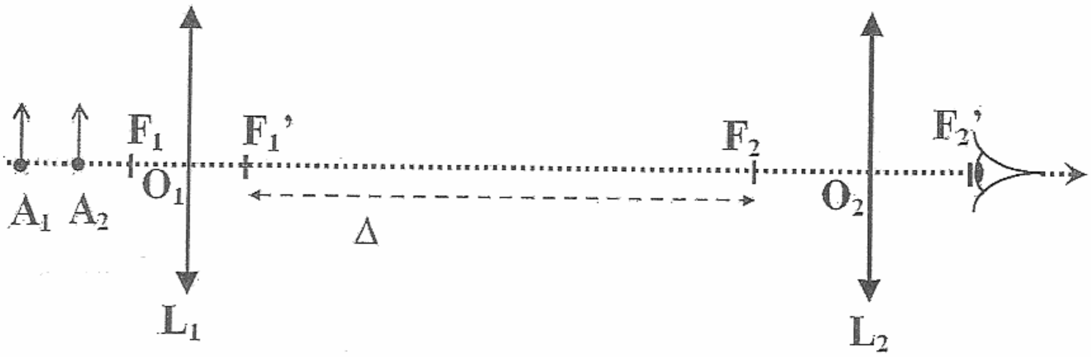
24. Sachant que $f_1 \doteq 1\,080\,\mathrm{Hz}$, déterminer la valeur du facteur de qualité Q de ce circuit :

P

A) $Q = 0{,}5$ B) $Q = 1{,}8$ C) $Q = 5$ D) $Q = 18$

---

25. Un microscope se compose de deux lentilles convergentes : l'objectif L_1 de distance focale image $f_1' = 5\,\mathrm{mm}$ et l'oculaire L_2 de distance focale $f_2' = 25\,\mathrm{mm}$ (cf. figure ci-dessous qui n'est pas à l'échelle).
Ces deux lentilles sont maintenues à une distance fixe l'une de l'autre $\overline{F_1'F_2} = \Delta$. Lors du réglage du microscope pour effectuer la mise au point sur un objet, on déplace, à l'aide d'une vis micrométrique, l'ensemble des deux lentilles en maintenant Δ constant. L'observateur place son œil au niveau de F_2'. L'étude sera menée dans le cadre de l'approximation de Gauss.



Si l'on note A_1' l'image de A_1 par la lentille L_1, la formule de conjugaison de Newton s'écrit :

A) $\overline{F_1A_1} \times \overline{F_1A_1'} = -f_1'^2$

B) $\overline{F_1A_1} \times \overline{F_1'A_1'} = -f_1'^2$

C) $\overline{F_1'A_1} \times \overline{F_1'A_1'} = f_1'^2$

D) $\overline{F_1A_1} \times \overline{F_1'A_1'} = \overline{O_1A_1} \times \overline{O_1A_1'}$

26. Sachant qu'un point objet A_1 placé à $0{,}10\,\mathrm{mm}$ en avant de F_1 est vu net par l'observateur lorsqu'il n'accommode pas, déterminer Δ.

A) $\Delta = 0$ B) $\Delta = 16\,\mathrm{mm}$ C) $\Delta = 6{,}0\,\mathrm{cm}$ D) $\Delta = 25\,\mathrm{cm}$

27. Lorsqu'il accommode au maximum, l'observateur, sans microscope, voit net les objets placés à $d = 20\,\mathrm{cm}$ en avant de son œil (ce point est le punctum proximum). Déterminer, lors de l'accommodation maximale, la position du point objet A_2 vu net par l'observateur à travers le microscope.

A) $\overline{F_1A_2} = \dfrac{-f_1'^2\, d}{d\Delta + f_2'^2}$

B) $\overline{F_1A_2} = \Delta + d$

C) $\overline{F_1A_2} = \dfrac{f_1'^2}{\Delta - d + 2f_2'}$

D) $\overline{F_1A_2} = \dfrac{f_2'^2}{\Delta + d + f_1'}$

28. Exprimer le grandissement transversal γ_t pour la lentille L_1 d'un objet placé perpendiculairement à l'axe optique au point A_1 :

A) $\gamma_t = -\dfrac{\overline{F_1'A_1'}}{\overline{F_1A_1}}$ B) $\gamma_t = -\dfrac{\overline{F_1'A_1'}}{f_1'}$ C) $\gamma_t = \dfrac{f_1'}{\overline{F_1A_1}}$ D) $\gamma_t = \dfrac{\overline{F_1'A_1'}}{\overline{F_1A_1}}$

29. On place un objet de taille y perpendiculairement à l'axe optique au point A_1. Quel est l'angle α_1 sous lequel l'observateur voit cet objet à la sortie du microscope?

A) $\alpha_1 = \dfrac{y}{\overline{A_1O_1}}$ B) $\alpha_1 = \dfrac{f_1'\overline{A_1O_1}}{f_2'}$ C) $\alpha_1 = \dfrac{f_2'}{f_1'}$ D) $\alpha_1 = \dfrac{yf_1'}{f_2'\overline{A_1F_1}}$

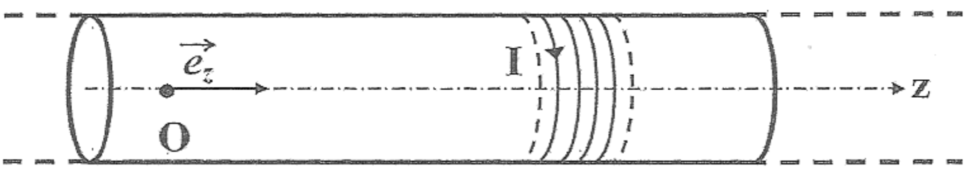
30. Sous quel angle α_2 verrait-il cet objet sans microscope s'il le plaçait à la distance $d = 20\,\mathrm{cm}$ en avant de son œil?

A) $\alpha_2 = \dfrac{y}{d+\Delta}$ B) $\alpha_2 = \dfrac{y}{f_1'}$ C) $\alpha_2 = \dfrac{y}{\Delta}$ D) $\alpha_2 = \dfrac{y}{d}$

---

31. Pour des distributions de charges ou de courants stationnaires d'extension finie, sélectionner l'affirmation exacte :
A) Les lignes de champ magnétique sont fermées mais celles de champ électrique sont ouvertes.
B) Les lignes de champ électrique sont fermées mais celles de champ magnétique sont ouvertes.
C) Les lignes de champ magnétique et électrique sont fermées.
D) Les lignes de champ magnétique et électrique sont ouvertes.

32. On considère un solénoïde infini, d'axe de révolution Oz, de rayon R, comportant n spires par unité de longueur. Ces spires sont parcourues par un courant stationnaire d'intensité I et sont enroulées perpendiculairement à l'axe Oz (cf. figure ci-dessous). Les vecteurs $\boldsymbol{e}_r$, $\boldsymbol{e}_\theta$ et $\boldsymbol{e}_z$ sont les vecteurs de la base locale cylindrique associés aux variables d'espaces r, θ et z.



Le champ magnétique $\boldsymbol{B}_1$ à l'intérieur du solénoïde a pour expression:

A) $\boldsymbol{B}_1 = nI\mu_0\dfrac{r}{R}\boldsymbol{e}_r$ C) $\boldsymbol{B}_1 = \mu_0 nI\ln\left(\dfrac{r}{R}\right)\boldsymbol{e}_z$

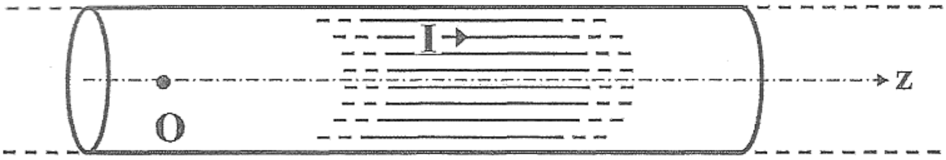
B) $\boldsymbol{B}_1 = \mu_0 nI\boldsymbol{e}_z$ D) $\boldsymbol{B}_1 = 0$

33. Le champ magnétique $\boldsymbol{B}_2$ à l'extérieur du solénoïde a pour expression:

A) $\boldsymbol{B}_2 = \dfrac{nI}{4\pi\mu_0 r^2}\boldsymbol{e}_r$ C) $\boldsymbol{B}_2 = \dfrac{\mu_0 nI}{r^2}\boldsymbol{e}_z$

B) $\boldsymbol{B}_2 = \mu_0 nI\boldsymbol{e}_\theta$ D) $\boldsymbol{B}_2 = 0$

34. N fils infinis colinéaires à l'axe (cf. figure ci-dessous) et parcourus par un courant de même intensité I sont maintenant uniformément répartis sur le cylindre.



Le champ magnétique B_3 à l'intérieur du solénoïde est :

A) $B_3 = \mu_0 \dfrac{NI}{2\pi R r^2} e_\theta$

B) $B_3 = \mu_0 N I e_\theta$

C) $B_3 = \dfrac{\mu_0 N I}{2\pi R} \ln\left(\dfrac{r}{R}\right) e_\theta$

D) $B_3 = 0$

35. Le champ magnétique B_4 à l'extérieur du solénoïde est :

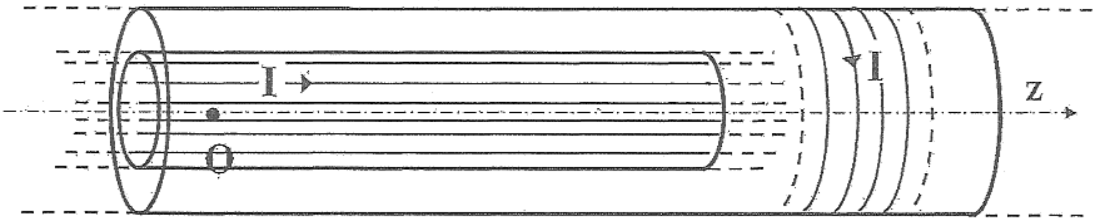
A) $B_4 = -\dfrac{NI}{4\pi\mu_0 r^2} e_r$

B) $B_4 = \mu_0 \dfrac{NIR}{2\pi r^2} e_\theta$

C) $B_4 = \mu_0 \dfrac{NI}{2\pi r} e_\theta$

D) $B_4 = 0$

36. On enveloppe le solénoïde précédent de rayon R par un solénoïde infini de rayon $2R$ et de même axe de révolution Oz. Le solénoïde extérieur comporte n spires par unité de longueur, enroulées perpendiculairement à l'axe Oz (cf. figure ci-dessous). L'intensité du courant parcourant les différentes spires est notée I.



On s'intéresse au champ magnétique dans la région de l'espace telle que $R < r < 2R$. Calculer la valeur minimale B_m du champ dans la zone d'étude.

A) $B_m = \mu_0 I \left(n + \dfrac{N}{2\pi R}\right)$

B) $B_m = \mu_0 I \left[n^2 + \left(\dfrac{N}{4\pi R}\right)^2\right]^{1/2}$

C) $B_m = \mu_0 I \left[(n \ln 2)^2 + \left(\dfrac{N}{2\pi R}\right)^2\right]^{1/2}$

D) $B_m = \mu_0 I \left(2n + \dfrac{N}{R}\right)$

IMPRIMERIE NATIONALE – D'après documents fournis