ECOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE **Session 2007**

CONCOURS DE RECRUTEMENT D'ELEVES INGENIEURS DU CONTROLE DE LA NAVIGATION AERIENNE

◆

Epreuve optionnelle obligatoire de PHYSIQUE

Durée : 4 heures

Coefficient : 3

◆

Ce sujet comporte :

1 page de garde
2 pages d'instructions pour remplir le QCM
1 page d'avertissement
8 pages de texte

◆

CALCULATRICE AUTORISEE

ÉPREUVE OPTIONNELLE OBLIGATOIRE DE PHYSIQUE

A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

L'épreuve «commune obligatoire de physique» de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

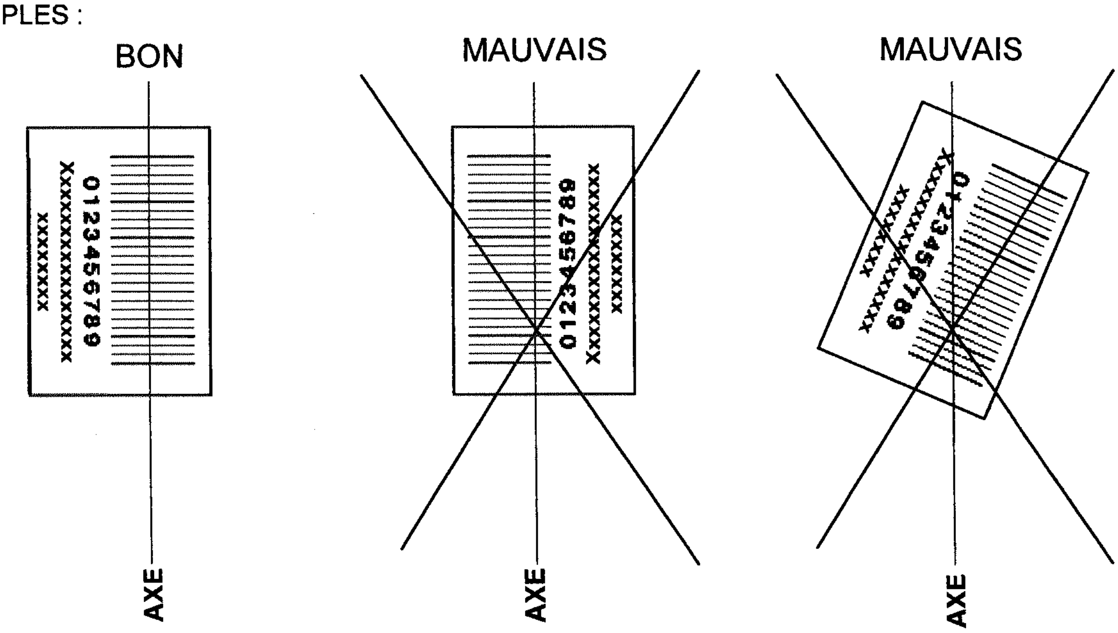
ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, **l'étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez,** c'est-à-dire épreuve commune obligatoire de physique (voir modèle ci-dessous).

POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, le trait vertical matérialisant l'axe de lecture du code à barres (en haut à droite de votre QCM) doit traverser la totalité des barres de ce code.

EXEMPLES :



2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un STYLO BILLE ou une POINTE FEUTRE de couleur NOIRE.
3) Utilisez le sujet comme brouillon et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.
5) Cette épreuve comporte 40 questions obligatoires, certaines, de numéros consécutifs, peuvent être liées. La liste de ces questions est donnée avant l'énoncé du sujet lui-même.
Chaque question comporte au plus deux réponses exactes.

6) A chaque question numérotée entre 1 et 40, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 41 à 100 sont neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases a, b, c, d, e.
Pour chaque ligne numérotée de 01 à 40, vous vous trouvez en face de 4 possibilités :

► soit vous décidez de ne pas traiter cette question,
la ligne correspondante doit rester vierge.

► soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse :
vous devez noircir l'une des cases a, b, c, d.

► soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes :
vous devez noircir deux des cases a, b, c, d et deux seulement.

► soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées a, b, c, d n'est bonne :
vous devez alors noircir la case e.

Attention, toute réponse fausse entraîne pour la question correspondante une pénalité dans la note.

7) EXEMPLES DE RÉPONSES

Exemple I : Question 1 :

Pour une mole de gaz réel :

a) $\lim_{P \to 0}(PV) = RT$, quelle que soit la nature du gaz.
b) $PV = RT$ quelles que soient les conditions de pression et température.
c) Le rapport des chaleurs massiques dépend de l'atomicité.
d) L'énergie interne ne dépend que de la température.

Exemple II : Question 2 :

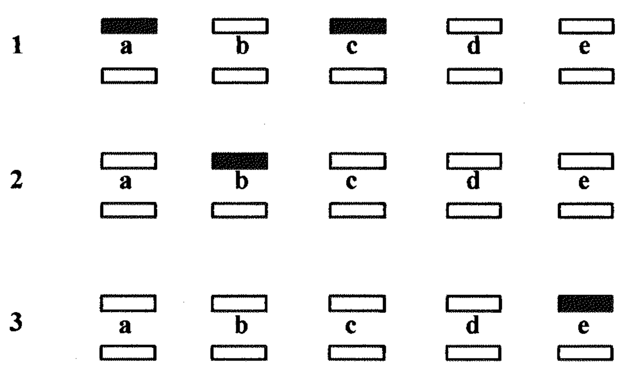
Pour un conducteur ohmique de conductivité électrique σ, la forme locale de la loi d'OHM est :

a) $\vec{j} = \dfrac{\vec{E}}{\sigma}$ b) $\vec{j} = \sigma\vec{E}$ c) $\vec{E} = \sigma^2\vec{j}$ d) $\vec{j} = \sigma^2\vec{E}$

Exemple III : Question 3 :

a) Le travail lors d'un cycle monotherme peut être négatif.
b) Une pompe à chaleur prélève de la chaleur à une source chaude et en restitue à la source froide.
c) Le rendement du cycle de CARNOT est $1 + \dfrac{T_2}{T_1}$
d) Le phénomène de diffusion moléculaire est un phénomène réversible.

Vous marquerez sur la feuille réponse :



AVERTISSEMENT

Dans certaines questions, les candidats doivent choisir entre plusieurs valeurs numériques. Nous attirons leur attention sur les points suivants :

1 – Les résultats sont arrondis en respectant les règles habituelles (il est prudent d'éviter les arrondis – ou des arrondis peu précis – sur les résultats intermédiaires).

2 – Les valeurs fausses qui sont proposées sont suffisamment différentes de la valeur exacte pour que d'éventuelles différences d'arrondi n'entraînent aucune ambiguïté sur la réponse.

QUESTIONS LIEES

[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]

[8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]

[15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]

[22, 23, 24, 25, 26, 27, 28]

[29, 30, 31, 32, 33, 34]

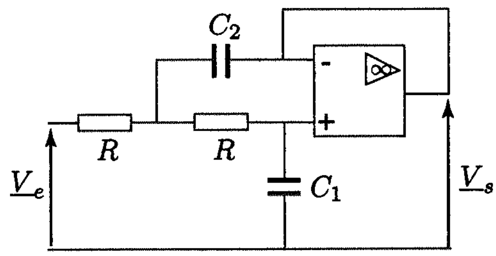
[35, 36, 37, 38, 39, 40]

---

1. — Un amplificateur opérationnel idéal fonctionnant en régime linéaire est monté suivant le schéma de la figure ci-contre. L'amplitude complexe $\underline{V}_s$ de la tension de sortie s'exprime en fonction de l'amplitude complexe $\underline{V}_e$ de la tension d'entrée par la relation :

$$\underline{V}_s = \underline{V}_e G(\omega)\exp[i\varphi(\omega)]$$

où $G(\omega)$ représente le module de la fonction de transfert du montage et $\varphi(\omega)$ le déphasage de la tension de sortie par rapport à la tension d'entrée. On désigne respectivement par Y_1 et Y_2 les modules des admittances complexes des condensateurs de capacités C_1 et C_2.
Exprimer $G(\omega)$ en fonction de Y_1, Y_2 et de la résistance R de chacun des deux résistors.



A) $G(\omega) = \dfrac{1}{[(1+R^2Y_1Y_2)^2 - 4R^2Y_1]^{1/2}}$

B) $G(\omega) = \dfrac{1}{[(1-R^2Y_1^2)^2 + 4R^2Y_1Y_2]^{1/2}}$

C) $G(\omega) = \dfrac{1}{[(1+R^2Y_1^2)^2 - 4R^2Y_1Y_2]^{1/2}}$

D) $G(\omega) = \dfrac{1}{[(1-R^2Y_1Y_2)^2 + 4R^2Y_1^2]^{1/2}}$

2. — Exprimer $\varphi(\omega)$.

A) $\varphi(\omega) = -\arctan\dfrac{2RY_1}{1-R^2Y_1Y_2}$ pour $R^2Y_1Y_2 \leq 1$ et $-\arctan\dfrac{2RY_1}{1-R^2Y_1Y_2} - \pi$ pour $R^2Y_1Y_2 > 1$

B) $\varphi(\omega) = -\arctan\dfrac{2RY_1}{1+R^2Y_1Y_2}$ pour $R^2Y_1Y_2 \leq 1$ et $-\arctan\dfrac{2RY_1}{1+R^2Y_1Y_2} - \pi$ pour $R^2Y_1Y_2 > 1$

C) $\varphi(\omega) = -\arctan\dfrac{4RY_2}{1+R^2Y_1Y_2}$ pour $R^2Y_1Y_2 \leq 1$ et $-\arctan\dfrac{4RY_2}{1+R^2Y_1Y_2} - \pi$ pour $R^2Y_1Y_2 > 1$

D) $\varphi(\omega) = \arctan\dfrac{1-R^2Y_1Y_2}{4RY_2}$ pour $R^2Y_1Y_2 \leq 1$ et $\arctan\dfrac{1-R^2Y_1Y_2}{4RY_2} - \pi$ pour $R^2Y_1Y_2 > 1$

3. — Exprimer le rapport $\dfrac{C_2}{C_1}$ pour que $G(\omega)$ puisse se mettre sous la forme :

$$G(\omega) = \frac{1}{\left(1+\dfrac{\omega^4}{\omega_0^4}\right)^{1/2}}$$

A) $\dfrac{C_2}{C_1} = 1/2$ B) $\dfrac{C_2}{C_1} = 2$ C) $\dfrac{C_2}{C_1} = 1$ D) $\dfrac{C_2}{C_1} = 4$

4. — Exprimer ω_0 en fonction de R et C_1.

A) $\omega_0 = \dfrac{1}{RC_1}$ B) $\omega_0 = \dfrac{\sqrt{2}}{RC_1}$ C) $\omega_0 = \dfrac{1}{RC_1\sqrt{2}}$ D) $\omega_0 = \dfrac{1}{2RC_1}$

5. — Calculer la pulsation de coupure ω_c correspondant à une atténuation de trois décibels de la valeur maximale du signal de sortie. On donne : $R = 10^3\ \Omega$ et $C_1 = 707$ nF.

A) $\omega_c = 500$ rad.s^{-1} B) $\omega_c = 1500$ rad.s^{-1} C) $\omega_c = 1000$ rad.s^{-1} D) $\omega_c = 750$ rad.s^{-1}

6. — Calculer le déphasage φ_c pour $\omega = \omega_c$.

A) $\varphi_c = -\pi$ rad B) $\varphi_c = -\dfrac{\pi}{4}$ rad C) $\varphi_c = 0$ D) $\varphi_c = -\dfrac{\pi}{2}$ rad

7. — Exprimer, en décibels par décade, la pente de l'asymptote à la courbe $G(\omega)$ qui correspond à $\omega > \omega_c$.

A) -40 dB par décade B) -20 dB par décade C) -60 dB par décade D) -10 dB par décade

---

8. — Un miroir sphérique de sommet S et de centre C est plongé dans un milieu transparent d'indice n. Les distances algébriques sont comptées positivement dans le sens de la lumière incidente. Donner les positions respectives $\overline{SF}_o$ et $\overline{SF}_i$ des foyers objet F_o et image F_i par rapport à S.

A) $\overline{SF}_o = \dfrac{\overline{SC}}{2n}$ et $\overline{SF}_i = \dfrac{\overline{SC}}{2n}$ B) $\overline{SF}_o = \dfrac{\overline{SC}}{2}$ et $\overline{SF}_i = \dfrac{\overline{SC}}{2}$

C) $\overline{SF}_o = n\dfrac{\overline{SC}}{2}$ et $\overline{SF}_i = n\dfrac{\overline{SC}}{2}$ D) $\overline{SF}_o = \dfrac{\overline{SC}}{2}$ et $\overline{SF}_i = -\dfrac{\overline{SC}}{2}$

9. — Un objet *réel* $\overline{A_oB_o}$ est disposé dans un plan de front à une distance $\overline{SA_o} = -5$ m du sommet d'un miroir plongé dans l'air ($n = 1$). Quelle doit être la distance focale f de ce miroir pour que l'image qu'il donne de cet objet soit *droite* (de même sens que l'objet) et *réduite* d'un facteur 3 ?

A) $f = 3$ m B) $f = -1$ m C) $f = -3$ m D) $f = 2,5$ m

10. — Quelle est la position $\overline{SA_i}$ de l'image par rapport à S ?

A) $\overline{SA_i} = \dfrac{3}{5}$ m B) $\overline{SA_i} = -15$ m C) $\overline{SA_i} = \dfrac{5}{3}$ m D) $\overline{SA_i} = -5$ m

11. — Quelle est la nature de ce miroir ?

A) Divergent et convexe B) Convergent et convexe

C) Divergent et concave D) Convergent et concave

12. — Quelle doit être la position $\overline{SA_{o1}}$ de l'objet par rapport à S pour que l'image qu'en donne le miroir soit renversée et de même dimension que l'objet ?

A) $\overline{SA_{o1}} = 2\overline{SC}$ B) $\overline{SA_{o1}} = -\overline{SF}$ C) $\overline{SA_{o1}} = 0$ D) $\overline{SA_{o1}} = \overline{SC}$

13. — Quelle est la position $\overline{SA_{i1}}$ de l'image correspondante par rapport à S ?

A) $\overline{SA_{i1}} = \overline{SC}$ B) $\overline{SA_{i1}} = 2\overline{SC}$ C) $\overline{SA_{i1}} = -\overline{SF}$ D) $\overline{SA_{i1}} = 0$

14. — Quelles doivent être les positions respectives $\overline{SA_{o2}}$ et $\overline{SA_{i2}}$ de l'objet et de l'image par rapport à S pour que l'image soit de même sens et de même dimension que l'objet ?

A) $\overline{SA_{o2}} = \overline{SC}$ et $\overline{SA_{i2}} = -\overline{SC}$ B) $\overline{SA_{o2}} = 0$ et $\overline{SA_{i2}} = 0$

C) $\overline{SA_{o2}} = \overline{SC}$ et $\overline{SA_{i2}} = \overline{SC}$ D) $\overline{SA_{o2}} = 2\overline{SC}$ et $\overline{SA_{i2}} = -2\overline{SC}$

---

15. — Un tube cylindrique creux de rayon intérieur R_i et de rayon extérieur R_e est constitué d'un matériau de conductivité thermique $\lambda = 0,9$ S.I. supposée indépendante de la température du matériau.

Dans le système d'unités international (S.I.), la conductivité thermique λ s'exprime, en :

A) $\mathrm{J.K^{-1}.m^{-1}.s^{-1}}$ B) $\mathrm{J.K.m^{-2}}$ C) $\mathrm{J.K.m^{-1}s^{-1}}$ D) $\mathrm{J.K.m^{-1}}$

16. — Les surfaces cylindriques intérieure et extérieure du tube sont respectivement aux températures T_i et $T_e < T_i$. Le tube est le siège d'un transport d'énergie interne (ou thermique) caractérisé par le vecteur $\vec{j}_{th}(r) = j_{th}(r)\vec{e}_r$ où $\vec{e}_r$ est un vecteur unitaire radial en un point P quelconque du matériau situé à une distance $R_i < r < R_e$ de l'axe du tube. Montrer qu'en *régime permanent* on peut écrire $j_{th}(r) = \dfrac{A}{r}$ sachant qu'il n'existe aucun phénomène physique *dans le matériau* qui puisse donner lieu à une production d'énergie interne. Exprimer A.

A) $A = \lambda \dfrac{(T_i - T_e)}{\ln\left(\dfrac{R_e}{R_i}\right)}$

B) $A = \lambda \dfrac{\ln\left(\dfrac{R_e}{R_i}\right)}{(T_i - T_e)}$

C) $A = \dfrac{(T_i - T_e)}{\lambda \ln\left(\dfrac{R_e}{R_i}\right)}$

D) $A = \dfrac{(T_i - T_e)}{\lambda \ln\left(\dfrac{R_e - R_i}{R_i}\right)}$

17. — Exprimer la loi d'évolution $T(r)$ de la température dans le matériau en fonction de la distance r à l'axe du tube.

A) $T(r) = T_i + \dfrac{A}{\lambda} \ln\left(\dfrac{r}{R_e}\right)$

B) $T(r) = T_i - \dfrac{A}{\lambda} \ln\left(\dfrac{r}{R_i}\right)$

C) $T(r) = T_i - \dfrac{A}{\lambda} \ln\left(\dfrac{R_e + r}{R_e + R_i}\right)$

D) $T(r) = T_i + \dfrac{A}{\lambda} \ln\left(\dfrac{R_i + r}{R_e + R_i}\right)$

18. — Exprimer la puissance thermique $\mathcal{P}_{th}$ échangée avec le milieu extérieur au niveau de la surface cylindrique extérieure par une longueur ℓ de matériau.

A) $\mathcal{P}_{th} = 2\pi \dfrac{\ell}{R_e} A$

B) $\mathcal{P}_{th} = 2\pi \dfrac{\ell}{R_i} A$

C) $\mathcal{P}_{th} = 2\pi \ell A$

D) $\mathcal{P}_{th} = 2\pi \dfrac{\ell}{R_e - R_i} A$

19. — La résistance thermique R_{th} d'une longueur ℓ de matériau est définie par la relation $R_{th} = \dfrac{T_i - T_e}{\mathcal{P}_{th}}$. Exprimer R_{th}.

A) $R_{th} = \dfrac{2\pi}{\lambda \ell} \ln(\dfrac{R_e + R_i}{R_i})$

B) $R_{th} = \dfrac{2\pi}{\lambda \ell} \ln(\dfrac{R_e + R_i}{R_e})$

C) $R_{th} = \dfrac{1}{\lambda \ell} \ln(\dfrac{R_e}{(R_i + R_e})$

D) $R_{th} = \dfrac{1}{2\pi \lambda \ell} \ln(\dfrac{R_e}{R_i})$

20. — Le matériau considéré précédemment constitue la gaine d'un conducteur ohmique cylindrique de rayon R_i et de résistivité ρ. Ce conducteur est parcouru par un courant continu d'intensité I. Exprimer la puissance thermique $\mathcal{P}_{th}$ calculée précédemment en fonction de I. On rappelle que la résistance R d'un conducteur cylindrique de longueur ℓ, de section droite S et de résistivité ρ s'écrit : $R = \rho \dfrac{\ell}{S}$.

A) $\mathcal{P}_{th} = \dfrac{\pi R_i^2}{\rho \ell} I^2$

B) $\mathcal{P}_{th} = \dfrac{\rho \ell}{\pi R_i^2} I^2$

C) $\mathcal{P}_{th} = \dfrac{2\pi \rho \ell}{R_i^2} I^2$

D) $\mathcal{P}_{th} = \dfrac{\ell}{\pi \rho R_i^2} I^2$

21. — En déduire la température T_i à la jonction gaine conducteur.

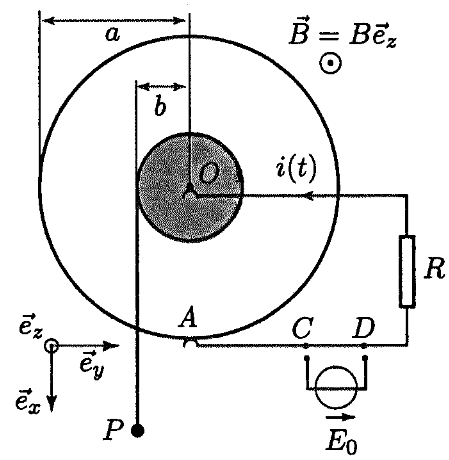
A) $T_i = T_e + \dfrac{\ln \dfrac{R_e + R_i}{R_e}}{\pi \lambda R_i^2} \rho I^2$

B) $T_i = T_e + \dfrac{\ln \dfrac{R_e + R_i}{R_i}}{4\pi R_e^2} \lambda \rho I^2$

C) $T_i = T_e + \dfrac{\ln \dfrac{R_e}{R_i}}{2\pi^2 \lambda R_i^2} \rho I^2$

D) $T_i = T_e + \dfrac{\ln \dfrac{R_e + R_i}{R_e}}{4\pi^2 \lambda R_i R_e} \rho I^2$

22. — Un roue métallique homogène de rayon a peut tourner sans frottement autour d'un axe horizontal Oz. On note $\vec{\omega}(t) = \omega(t)\vec{e}_z$ son vecteur rotation instantané. Un fil sans masse est enroulé sur une poulie de rayon b, de même axe que la roue et solidaire de celle-ci. On désigne par I_{Oz} le moment d'inertie par rapport à l'axe Oz de l'ensemble roue-poulie et par $\vec{g} = g\vec{e}_x$ le champ d'accélération de la pesanteur. A l'extrémité libre P du fil on suspend un point matériel de masse m. Exprimer le moment cinétique L_{oz} par rapport à l'axe de rotation de l'ensemble roue, poulie et point matériel en l'absence de glissement du fil dans la gorge de la poulie (cf. figure ci-contre).



A) $L_{Oz} = (I_{Oz} + ma^2)\omega$

B) $L_{Oz} = I_{Oz}\omega$

C) $L_{Oz} = (I_{Oz} + mb^2)\omega$

D) $L_{Oz} = (I_{Oz} + ma^2 + mb^2)\omega$

23. — Un circuit électrique constitué d'un résistor de résistance R est connecté à la roue grâce à deux contacts ponctuels glissants, l'un sur l'axe de rotation en O et l'autre sur un point A de la périphérie de la roue. Dans un premier temps, les bornes C et D sont court-circuitées (cf. figure ci-contre). L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme et constant dans le temps $\vec{B} = B\vec{e}_z$.

On désigne par $i(t)$ la valeur du courant qui circule dans le circuit à l'instant t dans le sens indiqué sur la figure ci-contre. Exprimer $i(t)$ en fonction de ω et des caractéristiques du système sachant que les résistances électriques de la roue et des fils sont négligeables devant celle R du résistor.

A) $i(t) = -\dfrac{Bb^2}{R}\omega$

B) $i(t) = \dfrac{B(a^2+b^2)}{2R}\omega$

C) $i(t) = -\dfrac{Ba^2}{R}\omega$

D) $i(t) = \dfrac{Ba^2}{2R}\omega$

24. — Calculer le moment résultant $\mathcal{M}_{Oz}$ des forces de Laplace par rapport à l'axe de rotation de la roue en fonction du courant i et des paramètres du système.

A) $\mathcal{M}_{Oz} = -\dfrac{Bb^2}{2}i$

B) $\mathcal{M}_{Oz} = -\dfrac{Ba^2}{2}i$

C) $\mathcal{M}_{Oz} = \dfrac{B(a^2+b^2)}{4}i$

D) $\mathcal{M}_{Oz} = -\dfrac{B^2a^4}{2}i$

25. — L'équation différentielle à laquelle obéit la vitesse angulaire $\omega(t)$ peut se mettre sous la forme :

$$\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t} + \alpha\omega + \beta = 0$$

Exprimer α.

A) $\alpha = \dfrac{B^2a^4}{4R(I_{Oz} + mb^2)}$

B) $\alpha = \dfrac{B^2a^4}{2RI_{Oz}}$

C) $\alpha = \dfrac{B^2b^4}{4R(I_{Oz} + ma^2)}$

D) $\alpha = \dfrac{B^2b^4}{4R(I_{Oz} + ma^2 + mb^2)}$

26. — Exprimer β.

A) $\beta = -\dfrac{mga}{I_{Oz} + ma^2}$

B) $\beta = -\dfrac{mga}{I_{Oz} + m(a^2+b^2)}$

C) $\beta = -\dfrac{mgb}{I_{Oz}}$

D) $\beta = -\dfrac{mgb}{I_{Oz} + mb^2}$

27. — Le court-circuit est maintenant remplacé par une source de tension parfaite de force électromotrice E_0 connectée entre les bornes C et D suivant le schéma de la figure ci-contre.

Exprimer la vitesse de rotation instantanée ω_0 de la roue quand le régime permanent est atteint.

A) $\omega_0 = 4\dfrac{mgRa}{B^2b^4} - \dfrac{E_0}{Ba^2}$ B) $\omega_0 = 2\dfrac{mgRb}{B^2a^4} - 2\dfrac{E_0}{B(a^2+b^2)}$

C) $\omega_0 = 4\dfrac{mgRb}{B^2a^4} - 2\dfrac{E_0}{Ba^2}$ D) $\omega_0 = 2\dfrac{mgRa}{B^2b^4} - \dfrac{E_0}{B(a^2+b^2)}$

28. — Pour que la roue puisse tourner dans le sens des aiguilles d'une montre, il faut que $E_0 > E_{0min}$. Exprimer E_{0min}

A) $E_{0min} = \dfrac{2mgRb}{Ba^2}$ B) $E_{0min} = \dfrac{mgRb}{B(a^2+b^2)}$

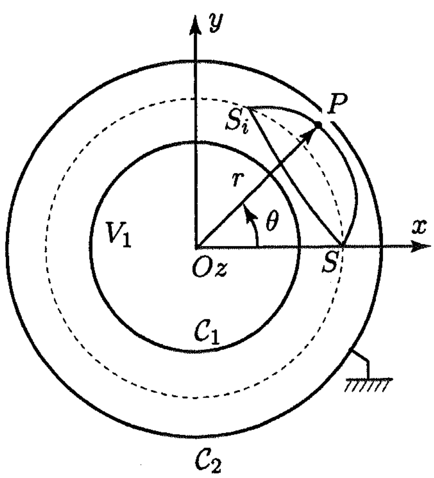
C) $E_{0min} = \dfrac{mgRa}{Bb^2}$ D) $E_{0min} = \dfrac{mgR(a+b)}{Ba^2}$

---

29. — Un condensateur est constitué de deux électrodes cylindriques coaxiales d'axe Oz. L'armature interne C_1 de rayon R_1 est portée à un potentiel V_1 tandis que l'armature externe C_2 de rayon intérieur R_2 est reliée à la terre (potentiel zéro). Le champ électrique $\vec{E}$ en un point P de l'espace interarmatures repéré par ses coordonnées cylindriques $r,\ \theta,\ z$ s'écrit :

$$\vec{E} = V_0\frac{\vec{r}}{r^2}$$

où $\vec{r} = \overrightarrow{OP}$. Exprimer V_0.



A) $V_0 = \dfrac{R_1}{R_2 - R_1}V_1$ B) $V_0 = \dfrac{R_2}{R_2 - R_1}V_1$

C) $V_0 = \dfrac{V_1}{\ln\left(1 + \dfrac{R_2}{R_1}\right)}$ D) $V_0 = \dfrac{V_1}{\ln\dfrac{R_2}{R_1}}$

30. — Une source d'électrons ponctuelle S, située sur l'axe Ox à une distance $OS = r_0$ de l'axe du condensateur émet à l'instant $t = 0$ un électron de charge $-e$ et de vitesse initiale $\vec{v}_0$ contenu dans le plan xOy (cf. figure ci-contre). On étudie dans le système de coordonnées polaires $(r,\ \theta)$, de base orthonormée associée $\vec{e}_r,\ \vec{e}_\theta$, la trajectoire contenue dans le plan xOy. On néglige le poids de l'électron devant la force électrique à laquelle il est soumis.

Ecrire l'équation différentielle correspondant à la projection du mouvement de l'électron suivant la direction du vecteur $\vec{e}_r$.

A) $\dfrac{\mathrm{d}^2r}{\mathrm{d}t^2} - r\left(\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right)^2 = -e\dfrac{V_0}{mr}$ B) $\dfrac{\mathrm{d}^2r}{\mathrm{d}t^2} - r^2\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} = -e\dfrac{V_0}{mr}$

C) $\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(r^2\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right) = -e\dfrac{V_0}{mr}$ D) $\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left[r\left(\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right)^2\right] = -e\dfrac{V_0}{mr}$

31. — Ecrire l'équation différentielle correspondant à la projection du mouvement de l'électron suivant la direction du vecteur $\vec{e}_\theta$.

A) $\dfrac{\mathrm{d}^2r}{\mathrm{d}t^2} - r\left(\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right)^2 = 0$ B) $r^2\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} = 0$

C) $\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left[r\left(\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right)^2\right] = 0$

D) $\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(r^2\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right) = 0$

32. — Quelle doit-être la valeur $\vec{v}_0$ de la vitesse initiale de l'électron en S pour que sa trajectoire soit un cercle de rayon r_0 ?

A) $\vec{v}_0 = \sqrt{\dfrac{eV_0}{2m}}\vec{e}_y$

B) $\vec{v}_0 = \sqrt{\dfrac{eV_0}{m}}\vec{e}_y$

C) $\vec{v}_0 = \sqrt{\dfrac{2eV_0}{m}}\vec{e}_y$

D) $\vec{v}_0 = \dfrac{eV_0}{m}\vec{e}_y$

33. — On pose $\delta = r - r_0$ avec $\delta << r_0$ et on désigne par ω_0 la vitesse angulaire des électrons sur la trajectoire circulaire de rayon r_0.

Exprimer, en se limitant au premier ordre par rapport à $\dfrac{\delta}{r_0}$, la vitesse angulaire $\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$ des électrons, sur une trajectoire quelconque, très voisine de la trajectoire circulaire de rayon r_0.

A) $\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} = \omega_0(1 - \dfrac{\delta}{2r_0})$

B) $\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} = \omega_0(1 + \dfrac{\delta}{2r_0})$

C) $\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} = \omega_0(1 - 2\dfrac{\delta}{r_0})$

D) $\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} = \dfrac{\omega_0\delta}{r_0}$

34. — Ecrire l'équation différentielle à laquelle obéit δ.

A) $\dfrac{\mathrm{d}^2\delta}{\mathrm{d}t^2} - \dfrac{\omega_0^2}{2}\delta = 0$

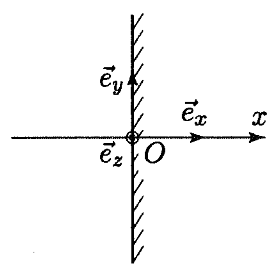
B) $\dfrac{\mathrm{d}^2\delta}{\mathrm{d}t^2} - \omega_0^2\delta = 0$

C) $\dfrac{\mathrm{d}^2\delta}{\mathrm{d}t^2} + \omega_0^2\delta = 0$

D) $\dfrac{\mathrm{d}^2\delta}{\mathrm{d}t^2} + 2\omega_0^2\delta = 0$

---

35. — Une onde progressive plane, monochromatique, de pulsation ω et de vecteur d'onde $\vec{k}$, polarisée elliptiquement, se propage dans le vide dans le demi espace $x < 0$. Elle aborde sous incidence normale, un milieu parfaitement conducteur occupant le demi espace $x \geq 0$. Dans la base orthonormée directe $\mathcal{B}(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ d'un repère $Oxyz$ définie sur la figure ci-contre, les composantes du champ électrique $\vec{E}_i$ de l'onde incidente s'écrivent :



$$\vec{E}_i \left| \begin{array}{l} 0 \\ E_{0y}\cos(kx - \omega t) \\ E_{0z}\cos(kx - \omega t + \varphi) \end{array} \right._{\mathcal{B}}$$

où φ représente le déphasage de la composante du champ électrique suivant $\vec{e}_z$ par rapport à sa composante suivant $\vec{e}_y$. On désigne par c la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide et par ε_0 et μ_0 la permittivité et la perméabilité du vide respectivement.

Exprimer les composantes du champ électrique réfléchi $\vec{E}_r$ dans la base $\mathcal{B}$.

A) $\vec{E}_r \left| \begin{array}{l} 0 \\ E_{0y}\cos(kx - \omega t) \\ E_{0z}\cos(kx - \omega t + \varphi) \end{array} \right._{\mathcal{B}}$

B) $\vec{E}_r \left| \begin{array}{l} 0 \\ -E_{0y}\cos(-kx - \omega t) \\ -E_{0z}\cos(-kx - \omega t + \varphi) \end{array} \right._{\mathcal{B}}$

C) $\vec{E}_r \left|\begin{array}{l} 0 \\ -E_{0y}\cos(-kx-\omega t+\varphi) \\ E_{0z}\cos(-kx-\omega t) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$ D) $\vec{E}_r \left|\begin{array}{l} 0 \\ -E_{0y}\cos(kx-\omega t-\varphi) \\ -E_{0z}\cos(kx-\omega t+\varphi) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$

36. — Exprimer les composantes du champ magnétique $\vec{B}_i$ de l'onde incidente dans la base $\mathcal{B}$.

A) $\vec{B}_i \left|\begin{array}{l} 0 \\ \dfrac{E_{0z}}{c}\cos(kx-\omega t) \\ -\dfrac{E_{0y}}{c}\cos(kx-\omega t-\varphi) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$ B) $\vec{B}_i \left|\begin{array}{l} 0 \\ \dfrac{E_{0y}}{c}\cos(kx-\omega t) \\ -\dfrac{E_{0z}}{c}\cos(kx-\omega t+\varphi) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$

C) $\vec{B}_i \left|\begin{array}{l} 0 \\ -\dfrac{E_{0y}}{c}\cos(kx-\omega t+\varphi) \\ -\dfrac{E_{0z}}{c}\cos(kx-\omega t) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$ D) $\vec{B}_i \left|\begin{array}{l} 0 \\ -\dfrac{E_{0z}}{c}\cos(kx-\omega t+\varphi) \\ \dfrac{E_{0y}}{c}\cos(kx-\omega t) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$

37. — Exprimer les composantes du champ magnétique $\vec{B}_r$ de l'onde réfléchie dans la base $\mathcal{B}$.

A) $\vec{B}_r \left|\begin{array}{l} 0 \\ -\dfrac{E_{0z}}{c}\cos(-kx-\omega t) \\ \dfrac{E_{0y}}{c}\cos(-kx-\omega t+\varphi) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$ B) $\vec{B}_r \left|\begin{array}{l} 0 \\ \dfrac{E_{0y}}{c}\cos(-kx-\omega t) \\ -\dfrac{E_{0z}}{c}\cos(-kx-\omega t+\varphi) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$

C) $\vec{B}_r \left|\begin{array}{l} 0 \\ \dfrac{E_{0z}}{c}\cos(-kx-\omega t+\varphi) \\ -\dfrac{E_{0y}}{c}\cos(-kx-\omega t) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$ D) $\vec{B}_r \left|\begin{array}{l} 0 \\ -\dfrac{E_{0y}}{c}\cos(-kx-\omega t+\varphi) \\ -\dfrac{E_{0z}}{c}\cos(-kx-\omega t) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$

38. — Calculer les composantes dans la base $\mathcal{B}$ du champ magnétique total $\vec{B}$ qui résulte de la superposition des champs magnétiques incident et réfléchi.

A) $\vec{B} \left|\begin{array}{l} 0 \\ \dfrac{2E_{0z}}{c}\sin(\varphi-\omega t)\sin(kx) \\ \dfrac{2E_{0y}}{c}\sin(\omega t)\sin(kx) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$ B) $\vec{B} \left|\begin{array}{l} 0 \\ \dfrac{2E_{0z}}{c}\cos(\varphi-\omega t)\sin(kx) \\ \dfrac{2E_{0y}}{c}\cos(\omega t)\cos(kx) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$

C) $\vec{B} \left|\begin{array}{l} 0 \\ \dfrac{E_{0z}}{c}\sin(\omega t)\cos(kx+\varphi) \\ \dfrac{E_{0y}}{c}\cos(\omega t)\sin(kx) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$ D) $\vec{B} \left|\begin{array}{l} 0 \\ \dfrac{E_{0z}}{c}\sin(\omega t)\cos(kx) \\ \dfrac{E_{0y}}{c}\cos(\omega t-\varphi)\cos(kx) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$

39. — Calculer la charge surfacique σ qui apparaît sur le conducteur.

A) $\sigma = \dfrac{B_0}{\mu_0 c}\cos(kx-\omega t)$ B) $\sigma = \dfrac{2B_0}{\mu_0 c}\cos(-kx-\omega t)$

C) $\sigma = \dfrac{2B_0}{\mu_0 c}\cos(\omega t)$

D) $\sigma = 0$

40. — Calculer les composantes dans la base $\mathcal{B}$ du courant surfacique $\vec{j}_s$ qui apparaît à la surface du conducteur.

A) $\vec{j}_s \left|\begin{array}{l} 0 \\ \dfrac{2E_{0y}}{\mu_0 c}\sin(kx)\sin(\omega t) \\ -\dfrac{2E_{0z}}{\mu_0 c}\sin(kx)\sin(\varphi-\omega t) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$

B) $\vec{j}_s \left|\begin{array}{l} 0 \\ -\dfrac{2E_{0y}}{\mu_0 c}\cos(kx)\sin(\omega t) \\ -\dfrac{2E_{0z}}{\mu_0 c}\sin(kx)\cos(\varphi-\omega t) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$

C) $\vec{j}_s \left|\begin{array}{l} 0 \\ \dfrac{E_{0z}}{\mu_0 c}\sin(kx)\cos(\omega t) \\ \dfrac{E_{0y}}{\mu_0 c}\sin(kx)\cos(\varphi+\omega t) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$

D) $\vec{j}_s \left|\begin{array}{l} 0 \\ -\dfrac{E_{0z}}{\mu_0 c}\sin(kx)\sin(\varphi-\omega t) \\ \dfrac{E_{0y}}{\mu_0 c}\cos(kx)\sin(\omega t) \end{array}\right._{\mathcal{B}}$