

# PHYSIQUE GÉNÉRALE: Electrom. (SMT) Examen du 28.01.2020

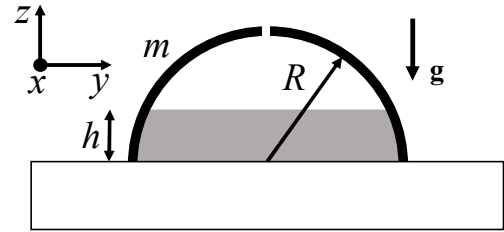
Nom: .....N. Sciper.....N. Place : .....

## Problème 1 [6 points]

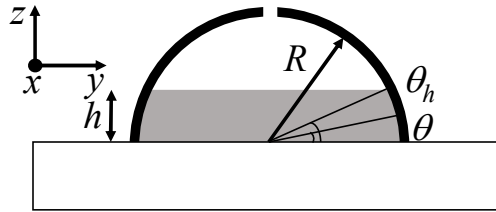
Une cloche hémisphérique, de rayon  $R$  et masse  $m$ , est posée sur une surface lisse horizontale. Grâce à une ouverture au sommet de la cloche, on verse gentiment un liquide (de densité  $\rho$ ) jusqu'à un niveau  $h$ . Déterminer:

- La force de pression totale  $\mathbf{F}_p = (F_{px}, F_{py}, F_{pz})$  agissant sur la cloche (en fonction de  $h$ ,  $g$ , et  $\rho$ ).
- Le niveau  $h$  auquel la cloche se soulève (en fonction de  $m$  et  $\rho$ ).

Note:  $\int \cos \theta \sin \theta d\theta = -\frac{1}{2}(1 - \sin^2 \theta)$  ;  $\int \sin^2 \theta \cos \theta d\theta = \frac{\sin^3 \theta}{3}$



Solution:



La force de pression totale agissant sur la cloche est dirigée le long de l'axe  $z$  (i.e.,  $\mathbf{F}_p = F_{pz} \hat{\mathbf{z}}$ ). (1 point)

$$F_{pz} = \int_S P \sin \theta ds \quad (1 \text{ point})$$

Méthode 1:  $P = P_{atm} + \rho g(h - R \sin \theta) - P_{atm} = \rho g(h - R \sin \theta)$  (0.5 point)

$$ds = 2\pi R \cos \theta R d\theta = 2\pi R^2 \cos \theta d\theta \quad (0.5 \text{ point})$$

$$\Rightarrow F_{pz} = 2\pi R^2 \rho g \left[ \int_0^{\theta_h} h \cos \theta \sin \theta d\theta - \int_0^{\theta_h} R \sin^2 \theta \cos \theta d\theta \right]$$

$$\Rightarrow F_{pz} = 2\pi R^2 \rho g \left[ \frac{1}{2} h \sin^2 \theta_h - \frac{1}{3} R \sin^3 \theta_h \right] \quad \text{mais} \quad \sin \theta_h = \frac{h}{R} \quad \Rightarrow F_{pz} = \frac{1}{3} \pi \rho g h^3 \quad (2 \text{ points})$$

La cloche se soulève lorsque que la force due à la pression  $F_{pz}$  est supérieure à la force de gravité :

$$\mathbf{F}_g = F_{gz} \hat{\mathbf{z}} = -mg \hat{\mathbf{z}} \quad \text{donc pour} \quad F_{pz} > mg \Rightarrow \text{pour} \quad h > \sqrt[3]{\frac{3m}{\pi \rho}} \quad (1 \text{ point})$$

Note: Puisque  $h$  ne peut pas être plus grand que  $R$ , afin de soulever la cloche sa masse  $m$  doit être inférieure à  $\pi \rho R^3 / 3$  (obtenu à partir de  $h = R = \sqrt[3]{3m/\pi \rho}$ ).

Méthode 2:  $P = P_{atm} + \rho g(h - z) - P_{atm} = \rho g(h - z) \quad \sin \theta = \frac{z}{R} \quad (0.5 \text{ point})$

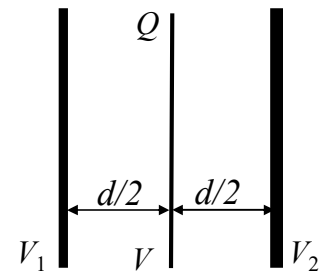
$$ds = 2\pi R \cos \theta R d\theta = 2\pi R^2 \cos \theta d\theta = 2\pi R^2 \cos \theta \frac{dz}{R \cos \theta} = 2\pi R dz \quad (0.5 \text{ point})$$

$$\Rightarrow F_{pz} = 2\pi \rho g \int_0^h z(h - z) dz = 2\pi \rho g \int_0^h (zh - z^2) dz = 2\pi \rho g \left( \left[ \frac{1}{2} z^2 h \right]_0^h - \left[ \frac{1}{3} z^3 \right]_0^h \right) = 2\pi \rho g \left( \frac{1}{2} h^3 - \frac{1}{3} h^3 \right) = \frac{1}{3} \pi \rho g h^3$$

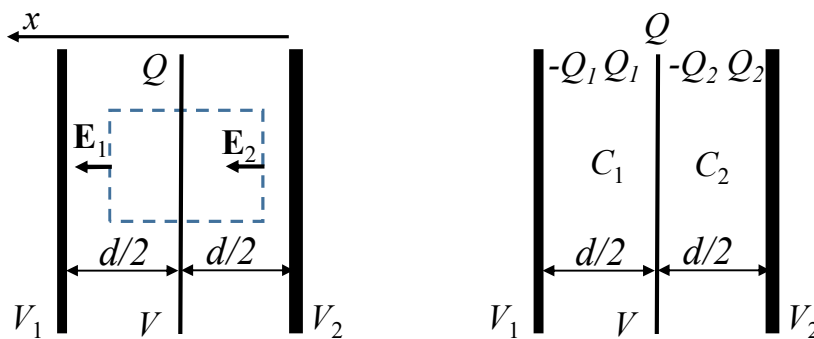
$$\Rightarrow F_{pz} = \frac{1}{3} \pi \rho g h^3 \quad (2 \text{ points})$$

## Problème 2 [4 points]

Deux plaques conductrices parallèles de surface  $A$  sont séparées d'une distance  $d$  et maintenues respectivement à un potentiel  $V_1=0$  V et  $V_2$ . Une troisième plaque conductrice très mince de même surface, portant une charge totale  $Q$ , est placée entre les plaques, à la même distance de chacune d'elles. En supposant que les effets de bords soient négligeables, déterminer le potentiel  $V$  de cette troisième plaque (en fonction de  $V_2$ ,  $Q$ ,  $d$ , et  $A$ ).



Solution:



Méthode 1:

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \int_V \rho / \varepsilon_0 \Rightarrow E_1 S_1 - E_2 S_2 = (Q / \varepsilon_0 A) S_3 \text{ mais } S_1 = S_2 = S_3 \Rightarrow E_1 A - E_2 A = Q / \varepsilon_0 \quad (1 \text{ point})$$

$$V_2 - V_1 = \int_0^d \mathbf{E} \cdot d\mathbf{x} = \int_0^{d/2} E_2 dx + \int_{d/2}^d E_1 dx = E_2 (d/2) + E_1 (d/2) \text{ mais } V_1 = 0 \Rightarrow V_2 = E_2 (d/2) + E_1 (d/2) \quad (1 \text{ point})$$

$$V - V_1 = \int_{d/2}^d \mathbf{E} \cdot d\mathbf{x} = \int_{d/2}^d E_1 dx = E_1 (d/2) \text{ mais } V_1 = 0 \Rightarrow V = E_1 (d/2)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_2 = E_2 (d/2) + E_1 (d/2) \\ V = E_1 (d/2) \\ E_1 A - E_2 A = Q / \varepsilon_0 \end{cases} \Rightarrow V = \frac{1}{2} \left( V_2 + \frac{Qd}{2A\varepsilon_0} \right) \quad (2 \text{ points})$$

Note :

$$\text{A partir du système d'équations précédent} \Rightarrow E_1 = (V_2 / d) + (Q / 2\varepsilon_0 A) \quad E_2 = (V_2 / d) - (Q / 2\varepsilon_0 A)$$

donc  $E_1$  et  $E_2$  sont la "superposition":

du champ électrique entre les plaques en absence de la plaque centrale (i.e.,  $E_{0C} = (V_2 / d)$ )

et du champ créé par la plaque centrale isolée (i.e.,  $E_{0P} = \pm(Q / 2\varepsilon_0 A)$ )

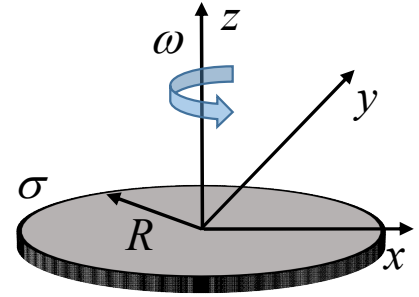
Méthode 2:

$$\begin{cases} Q = Q_1 - Q_2 \\ C_1 = \frac{Q_1}{V} \\ C_2 = \frac{Q_2}{V_2 - V} \\ C_1 = C_2 = \varepsilon_0 \frac{A}{(d/2)} \end{cases} \quad (3 \text{ points}) \Rightarrow V = \frac{1}{2} \left( V_2 + \frac{Qd}{2A\varepsilon_0} \right) \quad (1 \text{ point})$$

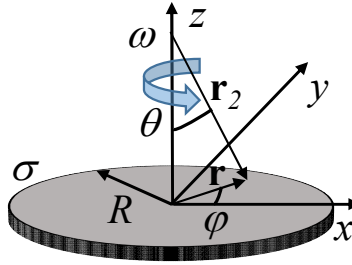
### Problème 3 [6 points]

Un disque isolant de rayon  $R$  et d'épaisseur négligeable avec densité de charge de surface  $\sigma$  (en C/m<sup>2</sup>) tourne autour de l'axe  $z$  à vitesse angulaire constante  $\omega$ . Déterminer le champ magnétique  $\mathbf{B}$  sur l'axe  $z$  à une distance  $z > 0$  du disque (i.e.,  $\mathbf{B}(0, 0, z)$ ) en fonction de  $z$ ,  $\omega$ ,  $R$ ,  $\sigma$ .

Note:  $\int \frac{x^3}{(x^2 + a^2)^{3/2}} dx = \frac{x^2 + 2a^2}{\sqrt{x^2 + a^2}}$



Solution:



Le champ magnétique produit par le disque chargé en rotation est équivalent au champ magnétique produit par des spires concentriques circulaires.  $\mathbf{B}$  est dans la direction  $z$ :  $\mathbf{B}(0, 0, z) = B_z(0, 0, z)\hat{\mathbf{z}}$  (1 point)

Méthode 1: Avec la loi de Biot-Savart:

$$\mathbf{B}_{\text{spire}}(0, 0, z) = \frac{\mu_0 r^2}{2(r^2 + z^2)^{3/2}} I_{\text{spire}} \hat{\mathbf{z}} \quad (1 \text{ point})$$

Le courant  $I_{\text{spire}}$  est:  $I_{\text{spire}} = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{\sigma 2\pi r dr}{(2\pi / \omega)} = \omega \sigma r dr$  (1 point)

$$\Rightarrow B_z(0, 0, z) = \int_0^R \frac{\mu_0 r^2}{2(r^2 + z^2)^{3/2}} \omega \sigma r dr = \frac{\mu_0 \omega \sigma}{2} \int_0^R \frac{r^3}{(r^2 + z^2)^{3/2}} dr \quad (2 \text{ points})$$

$$\text{et donc: } B_z(0, 0, z) = \frac{\mu_0 \omega \sigma}{2} \left[ \frac{r^2 + 2z^2}{\sqrt{r^2 + z^2}} \right]_0^R = \frac{\mu_0 \omega \sigma}{2} \left[ \frac{R^2 + 2z^2}{\sqrt{R^2 + z^2}} - 2z \right]$$

$$\Rightarrow \mathbf{B}(0, 0, z) = \frac{\mu_0 \omega \sigma}{2} \left[ \frac{R^2 + 2z^2}{\sqrt{R^2 + z^2}} - 2z \right] \hat{\mathbf{z}} \quad (1 \text{ point})$$

Méthode 2: Avec la loi de Biot-Savart (plus «directe»):

$$dB_z(0, 0, z) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{(\mathbf{J} \times \hat{\mathbf{r}}_2) \cdot \hat{\mathbf{z}}}{r_2^2} dV = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{J}{r_2^2} \sin \theta dV = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{J}{r_2^2} \sin \theta dV \quad (1 \text{ point})$$

$$J = nqv = \frac{\sigma \omega r}{dz} = \frac{\sigma \omega r}{dz} \quad dV = r d\phi dr dz \quad \sin \theta = \frac{r}{r_2} \quad r_2 = \sqrt{r^2 + z^2}$$

$$\Rightarrow dB_z(0, 0, z) = \frac{\mu_0}{4\pi} \sigma \omega r^2 d\phi dr \frac{1}{r^2 + z^2} \frac{r}{\sqrt{r^2 + z^2}} = \frac{\mu_0 \sigma \omega}{4\pi} \frac{r^3}{(r^2 + z^2)^{3/2}} d\phi dr \quad (2 \text{ points})$$

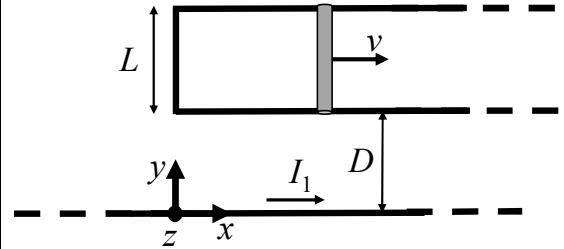
$$\Rightarrow B_z(0, 0, z) = \frac{\mu_0 \sigma \omega}{4\pi} \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^R \frac{r^3}{(r^2 + z^2)^{3/2}} dr = \frac{\mu_0 \sigma \omega}{2} \int_0^R \frac{r^3}{(r^2 + z^2)^{3/2}} dr \quad (1 \text{ point})$$

$$\Rightarrow B_z(0, 0, z) = \frac{\mu_0 \sigma \omega}{2} \left[ \frac{r^2 + 2z^2}{\sqrt{r^2 + z^2}} \right]_0^R = \frac{\mu_0 \omega \sigma}{2} \left[ \frac{R^2 + 2z^2}{\sqrt{R^2 + z^2}} - 2z \right] \Rightarrow \mathbf{B}(0, 0, z) = \frac{\mu_0 \omega \sigma}{2} \left[ \frac{R^2 + 2z^2}{\sqrt{R^2 + z^2}} - 2z \right] \hat{\mathbf{z}} \quad (1 \text{ point})$$

### Problème 4 [8 points]

Une tige mince (de longueur  $L$ , résistance  $R$ , et inductance négligeable) glisse sans frottements à vitesse  $v$  constante sur un fil en forme de U. La distance entre les rails parallèles est aussi  $L$ . Le système est placé à une distance  $D$  d'un fil rectiligne infini parcouru par un courant constant  $I_1$ . La tige, le fil en forme de U, et le fil infini sont dans le plan  $xy$ . En supposant que le fil en U à une inductance et une résistance négligeables, déterminer (en fonction de  $D, L, v, I_1, R$ ):

- Le courant  $I_2$  dans la tige.
- La force externe  $\mathbf{F}=(F_x, F_y, F_z)$  à appliquer pour maintenir la vitesse de la tige constante.
- La puissance  $P_J$  dissipée dans la tige par effet Joule.
- La puissance  $P_m$  mécanique nécessaire pour maintenir la vitesse constante.



Solution:

Avec la loi d'Ampere (ou la loi de Biot-Savart):  $\mathbf{B}(x, y, 0) = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi y} \hat{\mathbf{z}}$  (1 points)

$$\varepsilon = \int (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l} = - \int_D^{D+L} v B dy = - \frac{\mu_0 I_1 v}{2\pi} \int_D^{D+L} \frac{1}{y} dy = - \frac{\mu_0 I_1 v}{2\pi} \ln\left(\frac{D+L}{D}\right) \quad (2 \text{ points})$$

$$(\text{ou: } \varepsilon = - \frac{d}{dt} \int_{S(t)} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = - \frac{d}{dt} \int_{S(t)} B ds = - \frac{d}{dt} \left( \int_0^{x(t)} dx \int_D^{D+L} \frac{\mu_0 I_1}{2\pi y} dy \right) = - \frac{\mu_0 I_1}{2\pi} \ln\left(\frac{D+L}{D}\right) \frac{dx(t)}{dt} = - \frac{\mu_0 I_1}{2\pi} \ln\left(\frac{D+L}{D}\right) v)$$

$$\text{et donc : } I_2 = \frac{\varepsilon}{R} = - \frac{\mu_0 I_1}{2\pi} \ln\left(\frac{D+L}{D}\right) \frac{v}{R} \quad (1 \text{ points})$$

La force agissant sur un segment  $dy$  de la tige est donnée par :

$$d\mathbf{F} = I_2 d\mathbf{l} \times \mathbf{B} = I_2 B(y) dy \hat{\mathbf{x}}$$

Donc la force totale sur la tige est :

$$\mathbf{F} = I_2 \int_D^{D+L} \frac{\mu_0 I_1 dy}{2\pi y} \hat{\mathbf{x}} = \frac{\mu_0 I_2 I_1}{2\pi} \ln\left(\frac{D+L}{D}\right) \hat{\mathbf{x}} = - \left( \frac{\mu_0 I_1}{2\pi} \ln\left(\frac{D+L}{D}\right) \right)^2 \frac{v}{R} \hat{\mathbf{x}}$$

$$\Rightarrow \mathbf{F} = - \left( \frac{\mu_0 I_1}{2\pi} \ln\left(\frac{D+L}{D}\right) \right)^2 \frac{v}{R} \hat{\mathbf{x}} \quad (2 \text{ points})$$

$$\text{Donc: } P_J = R I_2^2 = \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0 I_1}{2\pi} \ln\left(\frac{D+L}{D}\right) v \right)^2 \quad (1 \text{ points})$$

$$P_m = -\mathbf{F} \cdot \mathbf{v} = \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0 I_1}{2\pi} \ln\left(\frac{D+L}{D}\right) v \right)^2 \quad (1 \text{ points})$$

(donc, comme prévu en l'absence de processus dissipatifs à l'exception de l'effet Joule,  $P_J = P_m$ )

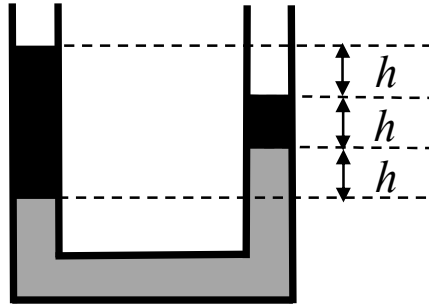




# Questions [une seule réponse correcte par question, 1 point/question, 20 points]

$\epsilon_0$	$\epsilon_0 \cong 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$	
$\mu_0$	$\mu_0 \cong 1.26 \times 10^{-6} \text{ H/m}$	
Densité de l'eau	$\rho \cong 1000 \text{ kg/m}^3$	(1 atm, 20 °C)
Densité de l'air	$\rho \cong 1.2 \text{ kg/m}^3$	(1 atm, 20 °C)
Vitesse du son dans l'air	$v \cong 340 \text{ m/s}$	(1 atm, 20 °C)
Vitesse de la lumière	$c \cong 3 \times 10^8 \text{ m/s}$	(dans le vide)
Accélération de la pesanteur (gravité)	$g \cong 9.8 \text{ m/s}^2$	(à la surface de la Terre)
Pression atmosphérique	$P_{atm} \cong 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$	(pression atmosphérique "normale")
Masse de l'électron	$m_e \cong 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$	(au repos)
Charge de l'électron	$e \cong -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	

Un tube ouvert en forme de U contient deux fluides incompressibles et immiscibles. La densité du liquide en gris est  $\rho_G$ . Déterminer la densité du liquide en noir  $\rho_N$ .



- A.  $(1/3)\rho_G$
- B.  $(1/2)\rho_G$**
- C.  $(3/4)\rho_G$
- D.  $\rho_G$
- E.  $2\rho_G$
- F.  $3\rho_G$
- G.  $4\rho_G$

Est-ce que le niveau de l'eau dans un verre change lorsqu'un glaçon d'eau flottant sur l'eau fond dans le verre?

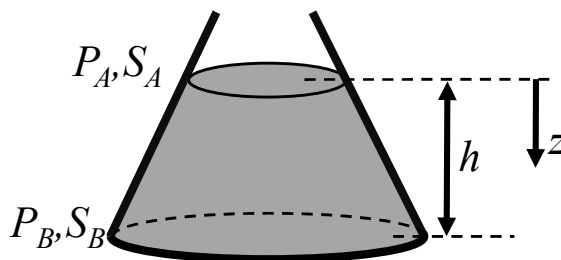
- A. Oui, baisse.
- B. Oui, augmente.
- C. Non.**

Calculer la puissance électrique que l'on pourrait générer si toute l'énergie de l'eau tombant aux chutes du Niagara pouvait être convertie en énergie électrique. La hauteur des chutes est de 30 m, la vitesse de l'eau au sommet des chutes est de 20 m/s, et le débit du fleuve est de 2800 m<sup>3</sup>/s.

Hypothèses: l'eau est un fluide non-visqueux et incompressible, l'écoulement est stationnaire, et la pression atmosphérique est la même au sommet et au pied des chutes.

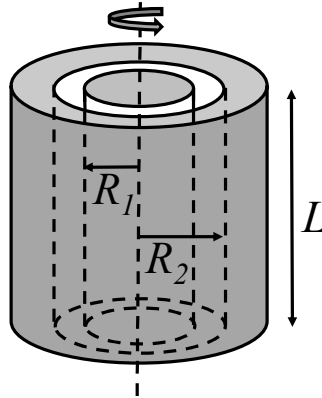
- A. 0.56 MW
- B. 1.38 MW
- C. 98.5 MW
- D. 120 MW
- E. 560 MW
- F. 823 MW
- G. 1380 MW**
- H. 9850 MW

La densité du liquide contenu dans le récipient de la figure ci-dessous augmente linéairement avec la distance de la surface libre  $\rho = \rho_0(1+(z/h))$ . La pression à la surface libre de section  $S_A$  est  $P_A$ . Quelle est la pression  $P_B$  à la base du récipient de section  $S_B$  ?



- A.  $P_B = P_A + \rho_0 gh$
- B.  $P_B = P_A + \rho_0 gh (S_B/S_A)$
- C.  $P_B = P_A + \rho_0 gh (S_A/S_B)$
- D.  $P_B = P_A + (1/3) \rho_0 gh$
- E.  $P_B = P_A + (1/2) \rho_0 gh$
- F.  $P_B = P_A + (3/2) \rho_0 gh$**
- G.  $P_B = P_A + 2 \rho_0 gh$

Un viscosimètre cylindrique est construit avec deux cylindres concentriques ayant une longueur  $L = 0.3$  m. Le cylindre creux extérieur a un rayon interne  $R_2 = 0.101$  m et le cylindre interne a un rayon externe  $R_1 = 0.100$  m. Un couple  $\tau = 0.13$  Nm est nécessaire pour faire tourner le cylindre intérieur à 400 tours par minute. Le cylindre externe ne peut pas tourner. Calculez la viscosité  $\eta$  du fluide contenu entre les deux cylindres, en supposant une variation linéaire de la vitesse du fluide entre les deux cylindres.

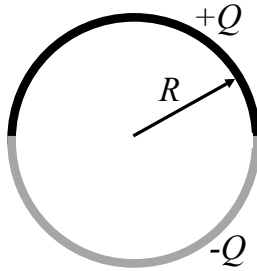


- A.  $\eta = 0$
- B.  $\eta \cong 0.16$  Ns/m<sup>2</sup>
- C.  $\eta \cong 0.65$  Ns/m<sup>2</sup>
- D.  $\eta \cong 0.0065$  Ns/m<sup>2</sup>
- E.  $\eta \cong 0.016$  Ns/m<sup>2</sup>
- F.  $\eta \cong 0.0016$  Ns/m<sup>2</sup>
- G.  $\eta \cong 0.00016$  Ns/m<sup>2</sup>
- H.  $\eta \cong 0.0048$  Ns/m<sup>2</sup>

Soit  $E$  l'amplitude du champ électrique à une distance  $6R$  du centre d'une sphère métallique chargée de rayon  $R$ . Quelle est l'amplitude du champ électrique à une distance  $2R$  du centre de la sphère métallique ?

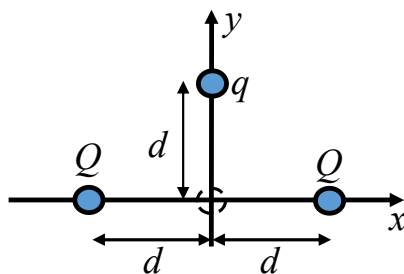
- A.  $E$
- B.  $2E$
- C.  $3E$
- D.  $6E$
- E.  $9E$
- F.  $12E$

Une charge  $+Q$  et une charge  $-Q$  sont distribuées uniformément sur les deux moitiés d'une circonférence de rayon  $R$ . Quelle est l'amplitude du champ électrique  $E$  au centre du cercle ?



- A. 0
- B.  $Q / (\pi^2 \epsilon_0 R^2)$
- C.  $Q / (2\pi \epsilon_0 R^2)$
- D.  $Q / (4\pi \epsilon_0 R^2)$
- E.  $Q / (\pi \epsilon_0 R^2)$
- F.  $Q / (\pi \epsilon_0 R)$
- G.  $Q / (4\pi \epsilon_0 R^4)$
- H.  $Q / (\pi \epsilon_0 R^4)$

Deux charges ponctuelles identiques positives  $Q$  sont placées respectivement en  $(d, 0, 0)$  et  $(-d, 0, 0)$ . Une charge ponctuelle positive  $q$  est placée en  $(0, d, 0)$ . Déterminer le travail à effectuer pour déplacer la charge  $q$  de  $(0, d, 0)$  à  $(0, 0, 0)$ .



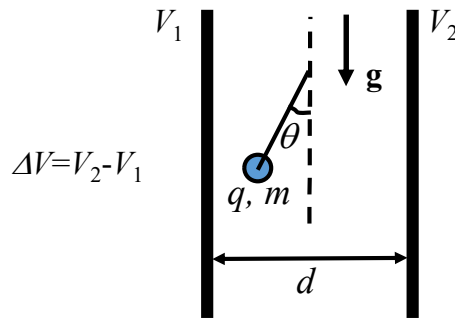
- A.  $\frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 d} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$
- B.  $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 d} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$
- C.  $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 d}$
- D.  $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 d^2}$
- E.  $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 d^2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$



Soit le champ électrique  $\mathbf{E} = -4x^3\hat{\mathbf{x}} + 2yz^2\hat{\mathbf{y}} + 2y^2z\hat{\mathbf{z}}$ . Déterminer le potentiel électrique  $V(x,y,z)$  partout, avec l'hypothèse que  $V(0,0,0) = 0$ .

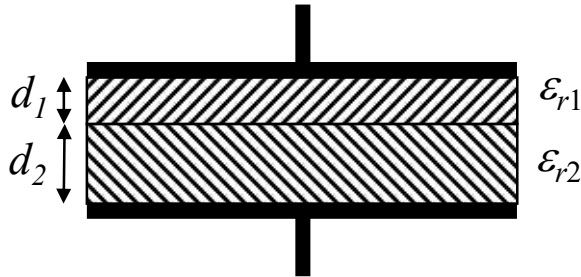
- A. 0
- B.  $x^4 + y^2z^2$
- C.  $-x^4 + y^2z^2$
- D.  $-x^4 + 2y^2z^2$
- E.  $x^4 - 2y^2z^2$
- F.  $x^4 - y^2z^2$
- G.  $-12x^2 + 2z^2 + 2y^2$

Une petite sphère de masse  $m$  et de charge positive  $q$  pend par un fil entre deux plaques de grandes dimensions (parallèles, verticales, et distantes de  $d$ ), produisant un champ électrique uniforme entre elles. Quelle est la différence de potentiel  $\Delta V$  entre les plaques si le fil fait un angle  $\theta$  avec la verticale ?



- A. 0
- B.  $\frac{mgd}{q}$
- C.  $\frac{2mgd}{q} \tan \theta$
- D.  $\frac{mgd}{q} \tan \theta$
- E.  $\frac{\sqrt{2}mgd}{q} \tan \theta$
- F.  $\frac{mgd}{q} \sin \theta$
- G.  $\frac{mgd}{2q} \tan \theta$

Les électrodes d'un condensateur à plaques parallèles ont une surface  $A$  et sont séparées par deux couches superposées d'isolants, respectivement de constante diélectrique  $\epsilon_{r1}$  et  $\epsilon_{r2}$  et d'épaisseur  $d_1$  et  $d_2$ . En supposant que les effets de bords soient négligeable, déterminer la capacité de ce condensateur.



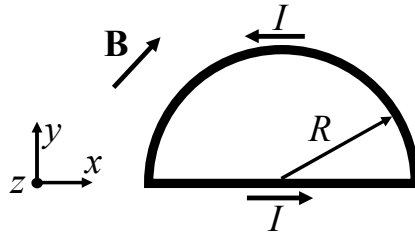
- A.  $\epsilon_0 A \left( \frac{\epsilon_{r1}\epsilon_{r2}}{\epsilon_{r2}d_1 + \epsilon_{r1}d_2} \right)$
- B.  $\epsilon_0 A \left( \frac{\epsilon_{r1}\epsilon_{r2}}{\epsilon_{r1}d_1 + \epsilon_{r2}d_2} \right)$
- C.  $\epsilon_0 A \left( \frac{\epsilon_{r1} + \epsilon_{r2}}{\epsilon_{r2}d_1 + \epsilon_{r1}d_2} \right)$
- D.  $\epsilon_0 A \left( \frac{\epsilon_{r1} + \epsilon_{r2}}{2(d_1 + d_2)} \right)$
- E.  $\epsilon_0 A \left( \frac{\epsilon_{r1}\epsilon_{r2}}{d_1 + d_2} \right)$

Une longue bobine solénoïdale est remplie d'un matériau ayant une perméabilité magnétique  $\mu_r$ . La bobine solénoïdale a une longueur  $L$ , un rayon  $R$ , se compose de  $N$  tours, et transporte un courant  $I$ .

Quel est le travail requis pour déplacer le matériau magnétique de la bobine solénoïdale à un point très éloigné de la bobine solénoïdale?

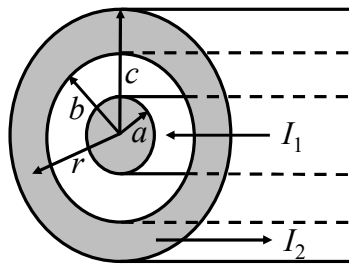
- A. 0
- B.  $\pi R^2 \mu_0 \frac{I^2 N^2}{L} \mu_r$
- C.  $\frac{1}{2} \pi R^2 \mu_0 \frac{I^2 N^2}{L} \mu_r$
- D.  $\frac{1}{2} \pi R^2 \mu_0 \frac{I^2 N^2}{L}$
- E.  $\frac{1}{2} \pi R^2 \mu_0 \frac{I^2 N^2}{L} (\mu_r - 1)$
- F.  $\pi R^2 \mu_0 \frac{I^2 N^2}{L} (\mu_r - 1)$

Un circuit, en forme de demi-cercle de rayon  $R$ , est parcouru par un courant  $I$ . Le circuit est placé dans un champ magnétique uniforme  $\mathbf{B}=(B_0, B_0, 0)$ . Déterminer les forces exercées sur la partie rectiligne du circuit ( $\mathbf{F}_1$ ) et sur la partie courbée du circuit ( $\mathbf{F}_2$ ).



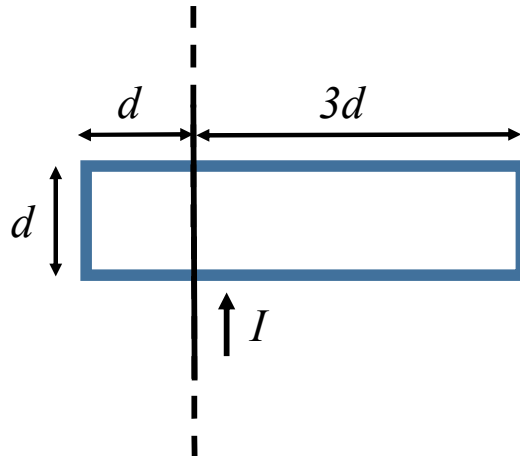
- A.  $\mathbf{F}_1 = 0, \mathbf{F}_2 = 0$
- B.  $\mathbf{F}_1 = 0, \mathbf{F}_2 = -2IB_0R\hat{z}$
- C.  $\mathbf{F}_1 = 2IB_0R\hat{z}, \mathbf{F}_2 = -2IB_0R\hat{z}$
- D.  $\mathbf{F}_1 = 2IB_0R\hat{z}, \mathbf{F}_2 = 0$
- E.  $\mathbf{F}_1 = 2IB_0R\hat{z}, \mathbf{F}_2 = 2IB_0R\hat{z}$
- F.  $\mathbf{F}_1 = IB_0R\hat{z}, \mathbf{F}_2 = -IB_0R\hat{z}$
- G. Aucune de réponses précédentes

Un long câble coaxial comporte deux conducteurs concentriques de perméabilité relative  $\mu_r = 1$ , dont les dimensions sont indiquées dans la figure. L'espace entre les deux conducteurs est rempli d'un isolant de perméabilité relative  $\mu_r = 1$ . Il y a, dans les deux conducteurs, des courants  $I_1$  et  $I_2$  de sens opposés, distribués uniformément. Déterminer l'amplitude du champ magnétique  $\mathbf{B}$  à une distance radiale du centre du câble  $b < r < c$  :



- A. 0
- B.  $\frac{\mu_0 I_1}{2\pi} \frac{r}{a^2}$
- C.  $\frac{\mu_0 (I_1 - I_2)}{2\pi r} \frac{(r^2 - b^2)}{(c^2 - b^2)}$
- D.  $\frac{\mu_0}{2\pi r} \left( I_1 - \frac{(r^2 - b^2)}{(c^2 - b^2)} I_2 \right)$
- E.  $\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$
- F.  $\frac{\mu_0}{2\pi r} I_2 \frac{(r^2 - b^2)}{(c^2 - b^2)}$

Un fil rectiligne infini est parcouru par un courant  $I=at$ , où  $t$  est le temps et  $a$  est une constante indépendante du temps (exprimée en A/s). Le fil est superposé (sans contact électrique) à un circuit rectangulaire. Déterminez la force électromotrice induite dans le circuit.

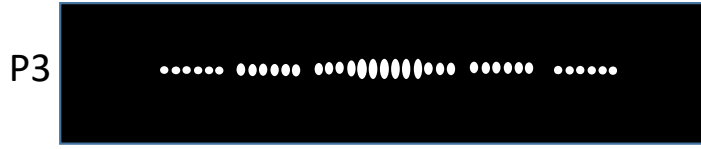
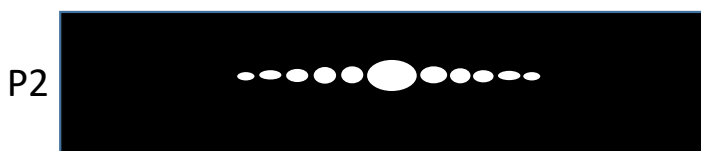
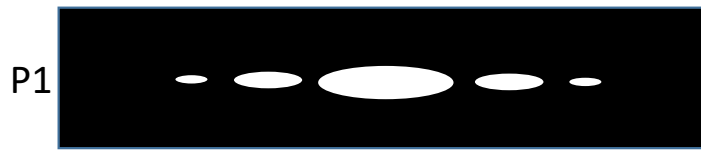


- A. 0
- B.  $\frac{\mu_0 at}{2\pi d}$
- C.  $\frac{\mu_0 a}{2\pi} 4d$
- D.  $\frac{\mu_0 ad}{2\pi} \ln 3$
- E.  $\frac{6\mu_0 ad}{2\pi} \ln 3$
- F.  $\frac{\mu_0 ad}{2\pi} \ln 2$
- G.  $\frac{\mu_0 ad}{\pi} \ln 2$
- H.  $\frac{\mu_0 a}{2\pi} \ln 3$

Un laser émet une lumière rouge à 600 nm. Un observateur en mouvement par rapport à la source laser observe une longueur d'onde d'environ 595 nm. A quelle vitesse l'observateur se déplace-t-il par rapport à la source laser ?

- A. 0
- B.  $3.03 \times 10^8$  m/s
- C.  $2.5 \times 10^7$  m/s
- D.  $2.5 \times 10^6$  m/s
- E. 250 m/s
- F. 59.5 m/s

On diffracte de la lumière laser au moyen de trois systèmes de fentes différents, en gardant la même source et la même distance entre le système de fentes et l'écran. Attribuer chacune des fentes à son image de diffraction.



A.  $F1 \rightarrow P2$ ,  $F2 \rightarrow P1$   
 $F3 \rightarrow P3$

B.  $F1 \rightarrow P2$ ,  $F2 \rightarrow P3$   
 $F3 \rightarrow P1$

C.  $F1 \rightarrow P1$ ,  $F2 \rightarrow P2$   
 $F3 \rightarrow P3$

D.  $F1 \rightarrow P3$ ,  $F2 \rightarrow P1$   
 $F3 \rightarrow P2$

E.  $F1 \rightarrow P3$ ,  $F2 \rightarrow P2$   
 $F3 \rightarrow P1$

F.  $F1 \rightarrow P1$ ,  $F2 \rightarrow P3$   
 $F3 \rightarrow P2$

Une antenne de rayon  $R$  reçoit, à incidence normale, un signal radio d'une source sphérique à distance  $d \gg R$ . Le signal est une onde sinusoïdale avec amplitude du champ électrique  $E_0$ . L'antenne est un absorbeur parfait. Déterminer la force  $F$  exercée par l'onde sur l'antenne et la puissance  $W$  de la source.

A.  $F = 0$ ,  $W \cong 2c\epsilon_0 E_0^2 \pi d^2$

B.  $F \cong \epsilon_0 E_0^2 \pi d^2$ ,  $W \cong 2c\epsilon_0 E_0^2 \pi d^2$

C.  $F \cong \epsilon_0 E_0^2 \pi R^2$ ,  $W \cong c\epsilon_0 E_0^2 \pi R^2$

D.  $F \cong (1/2)\epsilon_0 E_0^2 \pi R^2$ ,  $W \cong (1/2)c\epsilon_0 E_0^2 \pi d^2$

E.  $F \cong (1/2)\epsilon_0 E_0^2 \pi R^2$ ,  $W \cong 2c\epsilon_0 E_0^2 \pi d^2$

La longueur d'onde du son émis par la sirène d'une ambulance est de 0.8 m. La vitesse de l'ambulance est de 108 km/h. Quelle est la fréquence du son mesuré par une voiture qui suit l'ambulance à la même vitesse ?

A. 290 Hz

B. 388 Hz

C. 425 Hz

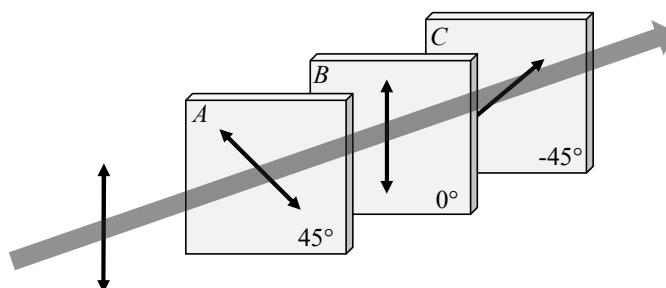
D. 623 Hz

E. 560 Hz

F. 1726 Hz

G. 0 Hz

Un faisceau lumineux d'intensité  $I_0$  (en  $\text{W/m}^2$ ) polarisé linéairement dans la direction verticale, traverse trois polariseurs linéaires dont les axes forment des angles de  $+45^\circ$  (polariseur A),  $0^\circ$  (polariseur B), et  $-45^\circ$  (polariseur C) avec la verticale. Quelle est l'intensité mesurée en aval du polariseur C ?



A. 0

B.  $I_0$

C.  $I_0/2$

D.  $I_0/3$

E.  $I_0/4$

F.  $I_0/8$

G.  $I_0/9$

H.  $I_0/12$

I.  $I_0/16$

