PHYSIQUE GÉNÉRALE: Electrom. (SMT) Examen du 14.01.2021

Nom: ....**N. Sciper**……………………**N. Place** :...........

Problème 1 [4 points]

Un liquide parfait incompressible s'écoule par un trou circulaire de diamètre D_0 d'un récipient cylindrique ouvert de diamètre D, avec $D \gg D_0$. Au début de l'expérience, le récipient est rempli à une hauteur de H. Avec $v(h)$ on indique la vitesse du liquide à la surface supérieure du liquide.

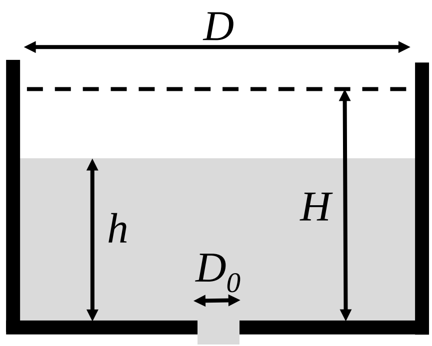
La variation de la pression atmosphérique P_{atm} et de la pesanteur g sur la hauteur du récipient sont négligeables, l'écoulement est approximativement stationnaire.

a) Déterminer la vitesse $v(h)$ en fonction de (h, D, D_0, g).

b) Déterminer le temps T nécessaire pour vider complètement le récipient en fonction de (D, D_0, H, g).

Note: $\frac{df(x)}{dx} = -a\sqrt{f(x)} \Rightarrow f(x) = \frac{1}{4}\left(a^2x^2 - 2abx + b^2\right)$

où b est une constante à déterminer.



Solution :

a) Nous pouvons appliquer l'équation de Bernoulli et l'équation de continuité ("conservation du debit"):

$$\begin{cases} P(h) + (1/2)\rho v(h)^2 + \rho g h = P(0) + (1/2)\rho v(0)^2 & \text{(0.5 points)} \\ S(h)\rho v(h) = S(0)\rho v(0) & \text{(0.5 points)} \end{cases}$$

où $v(h)$: vitesse du fluide à la surface supérieure du liquide $v(0)$: vitesse du fluide dans le trou.

$$P(h) \cong P(0) \cong P_{atm} \Rightarrow \begin{cases} (1/2)v(h)^2 + gh = (1/2)v(0)^2 \\ D^2 v(h) = D_0^2 v(0) \end{cases} \Rightarrow v(h) = \sqrt{\frac{2gh}{(D/D_0)^4 - 1}} \quad \text{(1 point)}$$

b) La vitesse de la surface supérieure du liquide est: $v(h) = -\frac{dh}{dt} \Rightarrow \frac{dh}{dt} = -\alpha\sqrt{h}$ avec $\alpha = \sqrt{\frac{2g}{(D/D_0)^4 - 1}}$

$$\frac{dh}{\sqrt{h}} = -\alpha dt \Rightarrow \int_H^0 \frac{dh}{\sqrt{h}} = -\int_0^T \alpha dt \Rightarrow -2\sqrt{H} = -\alpha T \Rightarrow T = \frac{1}{\alpha}2\sqrt{H} = \sqrt{\frac{2H}{g}}\sqrt{(D/D_0)^4 - 1} \quad \text{(2 points)}$$

Note 1: $\frac{dh(t)}{dt} = -\alpha\sqrt{h(t)} \Rightarrow h(t) = (1/4)\left(\alpha^2t^2 - 2\alpha bt + b^2\right)$ mais $h(0) = H \Rightarrow H = (1/4)b^2 \Rightarrow b = \pm 2\sqrt{H}$

$$h(t) = (1/4)\left(\alpha^2t^2 \mp 4\sqrt{H}\alpha t + 4H\right) \Rightarrow h(T) = 0 \Rightarrow 0 = (1/4)\left(\alpha^2T^2 \mp 2\sqrt{H}\alpha T + 4H\right) \Rightarrow T = \pm\frac{1}{\alpha}2\sqrt{H} \Rightarrow T = \frac{1}{\alpha}2\sqrt{H}$$

Note 2: Si nous faisons l'hypothèse $v^2(h) \ll gh$ nous obtenons:

$$P(h) \cong P(0) \cong P_{atm} \text{ et } v^2(h) \ll gh \Rightarrow \begin{cases} gh \cong (1/2)v(0)^2 \\ D^2 v(h) = D_0^2 v(0) \end{cases} \Rightarrow v(h) = \frac{D_0^2}{D^2}\sqrt{2gh} \quad \text{(1 point)}$$

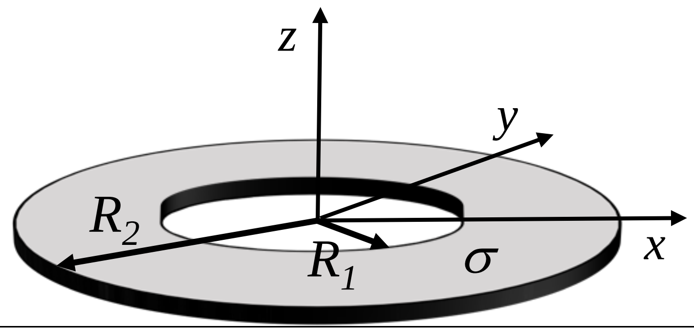
La vitesse de la surface supérieure du liquide est: $v(h) = -\frac{dh}{dt} \Rightarrow \frac{dh}{dt} = -\beta\sqrt{h}$ avec $\beta = \frac{D_0^2}{D^2}\sqrt{2g}$

$$\Rightarrow T = \frac{D^2}{D_0^2}\frac{1}{\sqrt{2g}}2\sqrt{H} = \sqrt{\frac{2H}{g}}\frac{D^2}{D_0^2} \quad \text{(2 points)}$$

(cette solution vaut aussi 4 points au total)

Problème 2 [4 points]

Un disque de rayon R_2 et épaisseur négligeable a un trou circulaire de rayon R_1 au milieu. Sur le disque il y a une densité de charge de surface uniforme négative σ (en C/m^2). Un électron de masse m_e et charge e, part du centre du trou (0,0,0) avec vitesse initiale $v = v_0\hat{\mathbf{z}}$.
Si la gravité a un effet négligeable, quelle vitesse l'électron atteint à une distance très grande du disque ?



Solution :
Le potentiel au centre de l'anneau est:

$$V(0,0,0) = \int_V \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{r} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma 2\pi r dr}{r} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\int_{R_1}^{R_2} dr = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(R_2 - R_1\right) \qquad \text{(2.5 points)}$$

avec $V(0,0,\infty) = 0.$

La conservation de l'énergie implique que:

$$\frac{1}{2}m_e v^2(0,0,\infty) + eV(0,0,\infty) = \frac{1}{2}m_e v^2(0,0,0) + eV(0,0,0)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}m_e v^2(0,0,\infty) = \frac{1}{2}m_e v_0^2 + \frac{e\sigma}{2\varepsilon_0}\left(R_2 - R_1\right)$$

$$\Rightarrow v(0,0,\infty) = \sqrt{v_0^2 + \frac{e\sigma}{m_e\varepsilon_0}\left(R_2 - R_1\right)} \qquad \text{(1.5 points)}$$

Note:
On peut calculer la différence de potentiel aussi grâce à l'intégration du champ électrique (mais c'est plus "long")
Par symétrie: $E_x(0,0,z) = E_y(0,0,z) = 0$

$$dE_z(0,0,z) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{l^2}\cos\theta \qquad dq = \sigma r d\varphi dr \qquad \cos\theta = \frac{z}{l} = \frac{z}{\sqrt{r^2+z^2}} \Rightarrow dE_z(0,0,z) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma r d\varphi dr z}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}}$$

$$\Rightarrow E_z(0,0,z) = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma r dr z}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}} = \frac{\sigma z}{2\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{\sqrt{z^2+R_2^2}} + \frac{1}{\sqrt{z^2+R_1^2}}\right) \qquad \text{(1 point)}$$

$$V(0,0,0) - V(0,0,\infty) = -\int_\infty^0 E_z(0,0,z)dz = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(R_2 - R_1\right) \Rightarrow \quad \text{(pour } V(0,0,\infty) = 0 \text{)}$$

$$V(0,0,0) = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(R_2 - R_1\right) \text{ (1.5 points)}$$

$$\text{(pour } V(0,0,0) - V(0,0,\infty) = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left[\sqrt{z^2+R_2^2} - \sqrt{z^2+R_1^2}\right]_0^\infty \qquad \text{(0.75 points))}$$

Problème 3 [6 points]

Un cylindre isolant de hauteur infinie et de rayon R est chargé avec une densité de charge volumique uniforme ρ (en C/m^3). On indique avec r la distance de l'axe du cylindre. Le cylindre est composé d'un matériau ayant $\mu_r = 1$.

Si le cylindre se déplace avec une vitesse v dans la direction de son axe (Fig. 1), déterminer (en fonction de r, v, ρ) le module (norme) du champ magnétique $\mathbf{B}(r)$:
a) pour $r<R$.
b) pour $r>R$.

Si le cylindre est mis en rotation avec fréquence angulaire ω autour de son axe (Fig. 2), déterminer (en fonction de r, ω, ρ) le module (norme) du champ magnétique $\mathbf{B}(r)$:
c) pour $r<R$.
d) pour $r>R$.

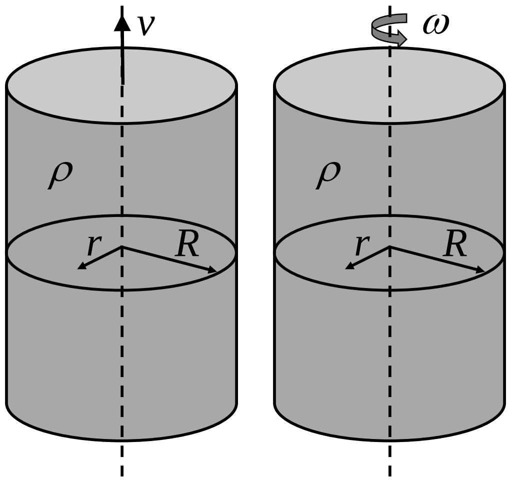


Fig. 1 Fig. 2

Solution :

a,b) Cette situation équivaut à un fil infini (0.5 points)

traversé par une densité de courant uniforme $\mathbf{J}_f = \rho v$. $\left(J_f = \frac{\Delta I}{\Delta A} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}\frac{1}{\Delta A} = \frac{\rho \Delta A \Delta z}{\Delta t}\frac{1}{\Delta A} = \rho v\right)$ (0.5 points)

La symétrie du problème permet d'obtenir $\mathbf{B}$ en utilisant la loi d'Ampère:

$$\oint_C \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \int_S \mathbf{J}\cdot d\mathbf{s} + \mu_0\varepsilon_0 \int_S \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad \text{mais} \quad \mathbf{J} = \mathbf{J}_f \quad \text{et} \quad \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = 0 \Rightarrow \oint_C \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \int_S \mathbf{J}_f \cdot d\mathbf{s} \qquad \text{(0.5 points)}$$

a) $r \le R$: $\int_C \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = 2\pi r B$ et $\mu_0 \int_S \mathbf{J}_f \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 J_f \pi r^2 = \mu_0 \rho v \pi r^2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow 2\pi r B = \mu_0 \rho v \pi r^2 \Rightarrow B(r<R) = \frac{\mu_0 \rho v r}{2} \qquad \text{(0.5 points)}$$

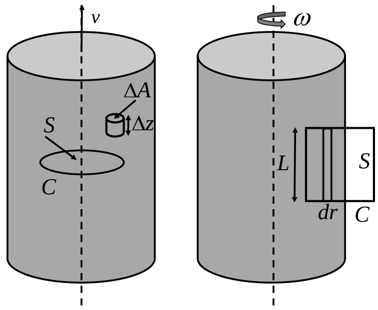
b) $r \ge R$: $\int_C \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = 2\pi r B$ et $\mu_0 \int_S \mathbf{J}_f \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 J_f \pi R^2 = \mu_0 \rho v \pi R^2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow 2\pi r B = \mu_0 \rho v \pi R^2 \Rightarrow B(r>R) = \frac{\mu_0 \rho v R^2}{2r} \qquad \text{(1 point)}$$

Autre solution: $\mathbf{B}' = \mathbf{B} - \mathbf{v}\times\mathbf{E}/c^2 \Rightarrow \mathbf{B} = \mathbf{B}' + \mathbf{v}\times\mathbf{E}/c^2$ avec $\mathbf{B}' = 0$, $\mathbf{v}\times\mathbf{E} = vE\hat{\boldsymbol{\varphi}}$ $\Rightarrow B = vE/c^2$

Loi de Gauss: $\oint_S \mathbf{E}\cdot d\mathbf{s} = (1/\varepsilon_0)\int_V \rho dV \Rightarrow \begin{cases} 2\pi r h E(r<R) = (1/\varepsilon_0)\rho\pi r^2 h \\ 2\pi r h E(r>R) = (1/\varepsilon_0)\rho\pi R^2 h \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E(r<R) = (1/2\varepsilon_0)\rho r \\ E(r>R) = (1/2\varepsilon_0)\rho R^2/r \end{cases}$

$$\Rightarrow \begin{cases} B(r<R) = \dfrac{\rho r v}{2\varepsilon_0 c^2} \\ B(r>R) = \dfrac{\rho R^2 v}{2\varepsilon_0 c^2 r} \end{cases} \quad \text{mais } c^2 = \frac{1}{\varepsilon_0\mu_0} \Rightarrow \begin{cases} B(r<R) = \dfrac{\mu_0 \rho r v}{2} & \text{(0.5 points)} \\ B(r>R) = \dfrac{\mu_0 \rho R^2 v}{2r} & \text{(1 point)} \end{cases}$$



(a,b) (c,d)

c,d) Cette situation équivaut à des solénoïdes les uns dans les autres (0.5 points)

avec densité de courant $\mathbf{J}_f = \rho r\omega$. $\left(J_f = \dfrac{\Delta I}{\Delta A} = \dfrac{\Delta Q}{\Delta t}\dfrac{1}{\Delta A} = \dfrac{\rho 2\pi r dr L}{2\pi/\omega}\dfrac{1}{drL} = \rho r\omega\right)$ (0.5 points)

Étant donné que **B** à l'extérieur de chacun des solénoïdes est nul,

B à l'extérieur de la collection des solénoïdes est également nul ($\mathbf{B}(r>R)=0$).

La symétrie du problème permet d'obtenir **B** en utilisant la loi d'Ampère:

$$\oint_C \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = \mu_0\int_S \mathbf{J}\cdot d\mathbf{s} + \mu_0\varepsilon_0\int_S \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad \text{mais } \mathbf{J} = \mathbf{J}_f \text{ et } \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = 0 \Rightarrow \oint_C \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = \mu_0\int_S \mathbf{J}_f\cdot d\mathbf{s}$$ (0.5 points)

c) $\mathbf{B}(r>R)=0$ et $\mathbf{B}(r<R)\parallel d\mathbf{l} \Rightarrow \oint_C \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = BL$ et $J_f = \mu_0\int_S \mathbf{J}_f\cdot d\mathbf{s} = \mu_0\int_r^R \rho r\omega drL = \dfrac{\mu_0\rho\omega L(R^2-r^2)}{2}$

$$\Rightarrow BL = \frac{\mu_0\rho\omega L(R-r)}{2} \Rightarrow B(r<R) = \frac{\mu_0\rho\omega(R^2-r^2)}{2}$$ (0.5 points)

d) Étant donné que **B** à l'extérieur de chacun des solénoïdes est nul,

B à l'extérieur de la collection des solénoïdes est également nul. Donc: $B(r>R)=0$ (1 point)

Problème 4 [6 points]

Un cadre métallique carré, situé dans le plan xy, de largeur D et résistance totale R (et inductance négligeable) est tiré avec une vitesse constante $\mathbf{v} = v\hat{\mathbf{x}}$ vers une région où il y a un champ magnétique uniforme $\mathbf{B} = B\hat{\mathbf{z}}$ (zone grisée dans la figure). On indique avec x la distance du coin droit du cadre par rapport à l'origine.

Déterminer, de $x = 0$ à $x = D/\sqrt{2}$:

a) Le courant I induit dans le cadre (en fonction de x, B, v, R).

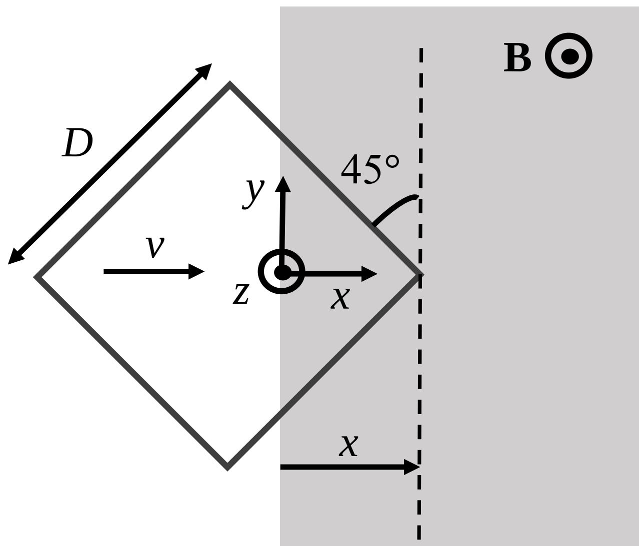
b) Le module (norme) de la force $\mathbf{F}$ à appliquer pour maintenir la vitesse constante (en fonction de x, B, v, R).

Déterminer, pour le déplacement de $x = 0$ à $x = D/\sqrt{2}$:

c) Le travail W_F effectué par la force $\mathbf{F}$ (en fonction de D, B, v, R)

d) L'énergie dissipée E_J par effet Joule dans la résistance R (en fonction de D, B, v, R) ?

e) L'énergie dissipée par effet Joule E_J dans la résistance est-elle égale au travail effectué W_F par la force $\mathbf{F}$?



Solution :

a) $I = \dfrac{\varepsilon}{R} = \dfrac{1}{R}\left(-\dfrac{d}{dt}\Phi_B\right)$ (0.5 points)

$\Rightarrow I = \dfrac{1}{R}\left(-\dfrac{d}{dt}\left(Bx^2\right)\right) = -\dfrac{1}{R}2Bx\dfrac{dx}{dt} = -\dfrac{2Bxv}{R} \Rightarrow I = -\dfrac{2Bxv}{R}$ (1 point)

$(x = vt \Rightarrow I = -\dfrac{2Bv^2t}{R})$

(aussi $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 2\int_C (\mathbf{E} + \mathbf{v}\times\mathbf{B})\cdot d\mathbf{l} = 2\int_C (\mathbf{v}\times\mathbf{B})\cdot d\mathbf{l} = 2\int_0^{x\sqrt{2}} vB\dfrac{\sqrt{2}}{2}dl = 2vB\dfrac{\sqrt{2}}{2}x\sqrt{2} = 2vBx$)

b) $d\mathbf{F} = Id\mathbf{l}\times\mathbf{B}$ (0.5 points)

$F = F_x = -2IB\sqrt{2}x\cos(\pi/4) = -2IB\sqrt{2}x\dfrac{\sqrt{2}}{2} = -2IBx = \dfrac{4B^2x^2v}{R} \Rightarrow F = \dfrac{4B^2x^2v}{R}$ (1 point)

$(x = vt \Rightarrow F = \dfrac{4B^2v^3t^2}{R})$ (aussi $Fv = RI^2 \Rightarrow F = \dfrac{1}{v}RI^2 = \dfrac{1}{v}R\dfrac{4B^2x^2v^2}{R^2} = \dfrac{4B^2x^2v}{R}$)

c) $W_F = \int_0^{D/\sqrt{2}} \mathbf{F}\cdot d\mathbf{x} = \int_0^{D/\sqrt{2}} Fdx = \int_0^{D/\sqrt{2}} \dfrac{4B^2x^2v}{R}dx = \dfrac{4B^2v}{3R}\dfrac{D^3}{2^{3/2}} \Rightarrow W_F = \dfrac{4B^2v}{3R}\dfrac{D^3}{2^{3/2}} = \dfrac{\sqrt{2}}{3}\dfrac{B^2vD^3}{R}$ (1 point)

d) $E_J = \int_0^{D/\sqrt{2}v} RI^2dt = \int_0^{D/\sqrt{2}} RI^2\dfrac{dx}{v} = \int_0^{D/\sqrt{2}} \dfrac{4B^2x^2v}{R}dx = \dfrac{4B^2v}{3R}\dfrac{D^3}{2^{3/2}} \Rightarrow E_J = \dfrac{4B^2v}{3R}\dfrac{D^3}{2^{3/2}} = \dfrac{\sqrt{2}}{3}\dfrac{B^2vD^3}{R}$ (1 point)

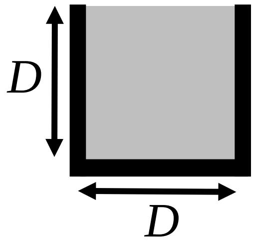
$(E_J = \int_0^{D/\sqrt{2}v} RI^2dt = \int_0^{D/\sqrt{2}v} R\dfrac{4B^2v^4t^2}{R^2}dt = \dfrac{4B^2v^4}{R}\int_0^{D/\sqrt{2}v} t^2dt = \dfrac{4B^2v^4}{3R}\dfrac{D^3}{2^{3/2}v^3} = \dfrac{4B^2v}{3R}\dfrac{D^3}{2^{3/2}} = \dfrac{\sqrt{2}}{3}\dfrac{B^2vD^3}{R})$

e) Oui, $W_F = E_J$. Comme il n'y a pas d'autres forces dissipatives, le travail effectué par la force F est entièrement dissipé par effet Joule dans la résistance R. (1 point)

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

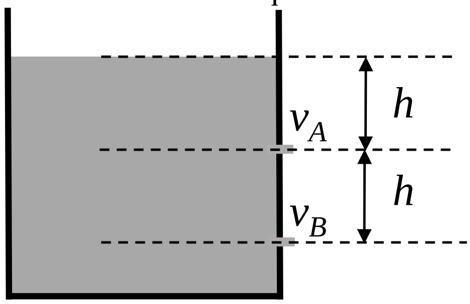
ε_0	$\varepsilon_0 \cong 8.85\times10^{-12}$ F/m	
μ_0	$\mu_0 \cong 1.26\times10^{-6}$ H/m	
Vitesse de la lumière	$c \cong 3\times10^{8}$ m/s	(dans le vide)
Accélération de la pesanteur (gravité)	$g \cong 9.8$ m/s	(à la surface de la Terre)
Pression atmospherique	$P_{atm} \cong 1.0\times10^{5}$ Pa	(pression atmosphérique "normale")
Masse de l'électron	$m_e \cong 9.11\times10^{-31}$ kg	(au repos)
Charge de l'électron	$e \cong -1.6\times10^{-19}$ C	

Un récipient cubique sans bouchon et d'arête D est entièrement rempli d'un liquide de densité ρ. Quelle est la force résultante (en N) qui agit sur une des parois latérales ?



A. 0
B. $(1/2)\rho g D^3$
C. $\rho g D^3$
D. $\rho g D^2$
E. $(1/2)\rho g D^2$
F. $(1/4)\rho g D^2$
G. $4\rho g D^2$

Un grand récipient, rempli d'un liquide parfait incompressible, se vide très lentement par deux petit trous A et B. La relation entre les vitesses du liquide à la sortie des deux trous est :

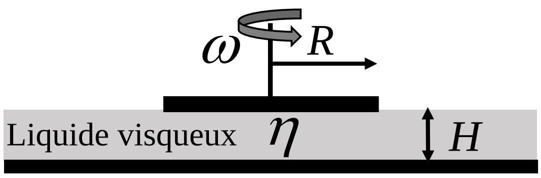


A. $v_B = v_A / 2$
B. $v_B = v_A / \sqrt{2}$
C. $v_B = v_A$
D. $v_B = \sqrt{2} v_A$
E. $v_B = 2\sqrt{2} v_A$
F. $v_B = 2 v_A$
G. $v_B = 4 v_A$
H. $v_B = 8 v_A$

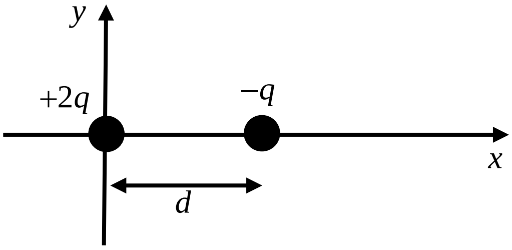
Une bûche de bois est entièrement submergée et fixée au fond de la mer par une corde. Le volume de la bûche de bois est V_{bois} et sa densité est ρ_{bois}. La densité de l'eau de mer est ρ_{eau}. En admettant que $\rho_{bois} < \rho_{eau}$, déterminer la tension de la corde (en N).

A. 0
B. $\rho_{eau} V_{bois} g$
C. $\rho_{bois} V_{bois} g$
D. $(\rho_{eau} - \rho_{bois}) V_{bois} g$
E. $\rho_{bois} V_{bois}$
F. $\rho_{eau} V_{bois}$
G. $(\rho_{bois} / \rho_{eau}) V_{bois} g$

Un disque horizontal de rayon R tourne à une distance H au-dessus d'une surface immobile. L'espace entre le disque et la surface immobile est rempli d'un liquide visqueux de viscosité η. Estimez la puissance (en W) requise pour faire tourner le disque à une vitesse angulaire ω. Nous supposons un profil de vitesse linéaire entre le disque et la surface immobile.



A. $2\pi\eta\omega R^4 / 3H$
B. $\pi\eta\omega R^3 / 2H$
C. $\eta\omega R^2 / 2$
D. $\pi\eta\omega R^4 / H$
E. $\pi\eta\omega R^4 / 2H$
F. $\pi\eta\omega^2 R^4 / H$
G. $\pi\eta\omega^2 R^4 / 2H$

Une charge positive $+2q$ est à l'origine et une charge négative $-q$ est à $x = d$ sur l'axe des x. Trouvez les points sur l'axe des x où le champ électrique est nul. 	A. $\left(2+\sqrt{2}\right)d$ B. $\left(2-\sqrt{2}\right)d$ C. $\left(2\pm\sqrt{2}\right)d$ D. $\sqrt{2}d$ E. $2d$ F. $3d$ G. $2\sqrt{2}d$

Deux feuilles isolantes très fines et parallèles ont chacune une grande surface A et sont séparées par une petite distance D. Les densités de charge de surface sont σ pour une feuille et $-\sigma$ pour l'autre feuille. Combien de travail faut-il pour changer la distance entre les deux feuilles de D à $(D + x)$, avec $x << D$?	A. 0 B. $\sigma^2 Ax/2$ C. $\sigma^2 AD/2\varepsilon_0$ D. $\sigma AD/\varepsilon_0$ E. $\sigma^2 Ax/8\varepsilon_0$ F. $\sigma^2 Ax/8$ G. $\sigma^2 Ax/2\varepsilon_0$

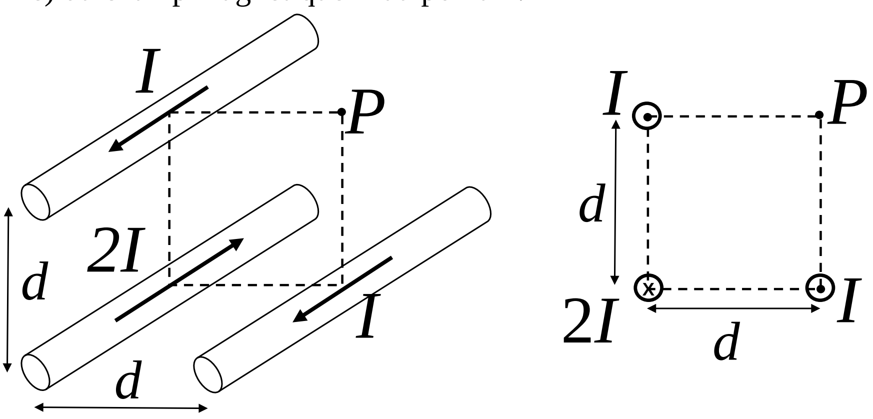
Une sphère métallique de 0.15 m de rayon est chargée à un potentiel de -1000 V. Combien d'électrons supplémentaires sont présents sur la sphère?	A. $\cong 10^6$ B. $\cong 10^8$ C. $\cong 10^{11}$ D. $\cong 10^{19}$ E. $\cong 10^5$ F. $\cong 10^4$ G. $\cong 10^{-8}$

Un condensateur est composé de quatre plaques conductrices parallèles avec une grande surface A, régulièrement espacées avec une petite séparation D. La première et la troisième sont reliées par un fil conducteur, comme le sont la deuxième et la quatrième. Quelle est la capacité de ce condensateur ? (Négliger les effets de bord). 	A. $A\varepsilon_0/D$ B. $2A\varepsilon_0/D$ C. $3A\varepsilon_0/D$ D. $4A\varepsilon_0/D$ E. $6A\varepsilon_0/D$ F. $8A\varepsilon_0/D$ G. $A\varepsilon_0/2D$ H. $A\varepsilon_0/3D$

Un condensateur isolé de 100 pF a une différence de potentiel de 100 V entre ses deux électrodes. A un certain moment, ce condensateur est connecté en parallèle à un deuxième condensateur complètement déchargé. Si la tension finale des deux condensateurs en parallèle est de 30 V, quelle est la capacité du deuxième condensateur?	A. 33 pF B. 50 pF C. 100 pF D. 150 pF E. 233 pF F. 333 pF G. 1011 pF H. 1111 pF

Soit le champ électrique $\mathbf{E}(x,y,z)=(2xy^2+z^3)\hat{\mathbf{x}}+2x^2y\hat{\mathbf{y}}+3xz^2\hat{\mathbf{z}}$. Déterminer le potentiel électrique *V(x,y,z)* partout, avec l'hypothèse que *V*(0,0,0) = 0.	A. $-x^2y^2-xz^3+2y$ B. $-2x^2y^2-3xz^3$ C. $-2x^2y^2$ D. $-x^2y^2-xz^3+3z$ E. $-x^2y^2-3xz^3$ F. $-2x^2y^2-xz^3$ G. $-x^2y^2-xz^3$

Une longue bobine solénoïdale est remplie d'un matériau ayant une perméabilité magnétique μ_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. $\frac{1}{2}\pi R^2\mu_0\frac{I^2N^2}{L}(\mu_r-1)$ B. $\pi R^2\mu_0\frac{I^2N^2}{L}(\mu_r-1)$ C. $2\pi R^2\mu_0\frac{I^2N^2}{L}(\mu_r-1)$ D. $\frac{1}{2}\pi R^2\mu_0\frac{I^2N^2}{L}$ E. $\frac{1}{2}\pi R^2\mu_0\frac{I^2N^2}{L}\mu_r$ F. $\pi R^2\mu_0\frac{I^2N^2}{L}\mu_r$ G. $2\pi R^2\mu_0\frac{I^2N^2}{L}\mu_r$

Trois longs fils parallèles droits sont situés comme indiqué dans la figure. Un fil transporte un courant 2*I*; chacun des autres transporte un courant *I* dans le sens opposé. Quel est le module (norme) du champ magnétique **B** au point *P*? 	A. 0 B. $\frac{\mu_0 I}{2\pi d}$ C. $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2\pi d}$ D. $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi d}$ E. $\frac{\mu_0 I}{\pi d}$ F. $\frac{\mu_0 I}{d}$ G. $\frac{2\mu_0 I}{\sqrt{2}d}$

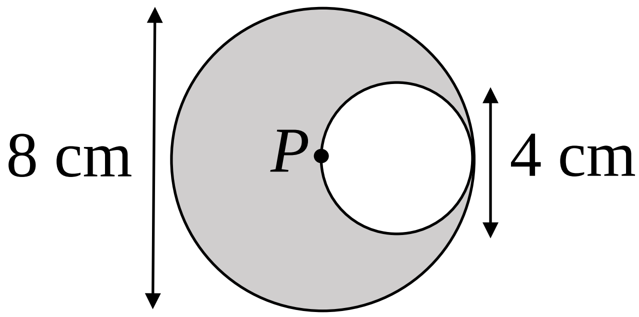
Quelle est approximativement la force agissant sur un échantillon sphérique d'eau d'un volume de 1 mm^3 dans un champ magnétique de 1.8 T ayant un gradient de 17 T / m. La susceptibilité magnétique de l'eau est $\chi_m \cong -9\times10^{-6}$.

A. 2×10^{-16} N
B. 3×10^{-13} N
C. 1×10^{-10} N
D. 2×10^{-10} N
E. 2×10^{-8} N
F. 1×10^{-7} N
G. 2×10^{-7} N

Les bactéries magnétiques contiennent des cristaux de magnétite ($M \cong 5\times10^5$ A/m), approximativement cubiques et de côté 50 nm. Supposons qu'une bactérie contienne 10 de ces cristaux, alignés pour former une chaîne d'environ 500 nm de long. Calculez le travail nécessaire pour faire tourner de 90 degrés la chaîne dans le champ magnétique terrestre de 5×10^{-5} T (en supposant que la chaîne est initialement alignée dans la direction du champ magnétique terrestre).

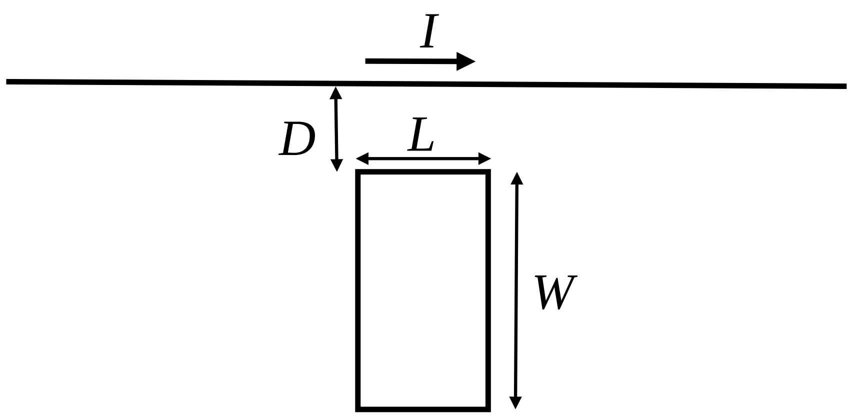
A. 3×10^{-21} J
B. 3×10^{-20} J
C. 3×10^{-19} J
D. 3×10^{-18} J
E. 3×10^{-17} J
F. 3×10^{-16} J
G. 3×10^{-15} J

Une longue tige conductrice a un trou cylindrique décentré sur toute sa longueur, comme indiqué sur la figure. Le diamètre de la tige est 8 cm. Le diamètre du trou est 4 cm. Ce conducteur transporte un courant de 900 A. Quelle est le module (norme) du champ magnétique **B** au point *P* qui se trouve sur l'axe de la tige ?



A. 0
B. 0.003 T
C. 0.009 T
D. 0.012 T
E. 0.021 T
F. 0.024 T
G. 0.030 T
H. 0.09 T
I. 0.12 T
L. 0.21 T
M. 0.24 T

Un fil droit infini est traversé par un courant dépendant du temps, décrit par $I(t)=at$, étant a une constante (en A/s). Déterminez la force électromotrice induite dans la bobine rectangulaire placée à côté du fil et dans le même plan (voir figure).



A. 0
B. $\frac{\mu_0 a}{2\pi} L \frac{W}{D}$
C. $\frac{\mu_0 a}{2\pi} L \ln\left(\frac{W}{D}\right) t$
D. $\frac{\mu_0 a}{2\pi} L \ln\left(\frac{W}{D}\right)$
E. $\frac{\mu_0 a}{2\pi} L \ln\left(\frac{W+D}{D}\right) t$
F. $\frac{\mu_0 a}{2\pi} L \ln\left(\frac{W+D}{D}\right)$
G. $\frac{\mu_0 a}{2\pi} L \frac{W}{(D+(W/2))}$

L'intensité du rayonnement électromagnétique solaire atteignant la Terre est d'environ 1 kW/m^2. Un photon émis par le Soleil met environ 500 s pour atteindre la Terre. Quelle quantité d'énergie le soleil émet-il en 24 heures?

A. 2×10^{3} J
B. 7×10^{10} J
C. 2×10^{15} J
D. 3×10^{19} J
E. 2×10^{23} J
F. 3×10^{26} J
G. 2×10^{31} J
H. 7×10^{36} J

Une raie d'émission atomique dans le rouge (approximativement 600 nm) émise par un atome qui se trouve sur une étoile, mesurée par un instrument sur la Terre, est décalée de 1 nm par rapport à la même raie du même atome qui se trouve sur la Terre mesurée par le même instrument. Quelle est la vitesse approximative de l'étoile par rapport à la Terre?

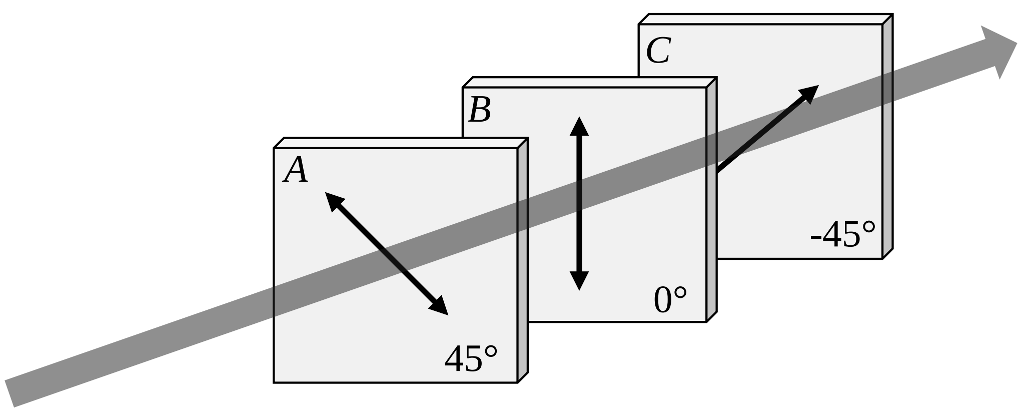
A. 0
B. 5×10^{3} m/s
C. 6×10^{4} m/s
D. 5×10^{5} m/s
E. 6×10^{6} m/s
F. 3×10^{8} m/s
G. 6×10^{10} m/s
H. 3×10^{12} m/s

La lumière pénètre, depuis le vide, à l'extrémité d'une fibre optique cylindrique d'indice de réfraction n. Quel est l'angle d'entrée maximum θ tel que le rayon incident subit une réflexion totale à l'intérieur de la fibre ?

Note: $\cos(\arcsin(x)) = \sqrt{1 - x^2}$

A. $\theta = \arcsin(1/n)$
B. $\theta = \arcsin(n\sqrt{n^2-1})$
C. $\theta = \arcsin(\sqrt{n-1})$
D. $\theta = \arcsin(\sqrt{1-n^2})$
E. $\theta = \arcsin(n^2-1)$
F. $\theta = \arcsin(1/n^2)$
G. $\theta = \arcsin(\sqrt{n^2-1})$
H. $\theta = \arcsin(2\sqrt{n^2-1})$

Un faisceau lumineux <u>non polarisé</u> d'intensité I_0 (en W/m^2) traverse trois polariseurs linéaires dont les axes forment des angles de +45° (polariseur A), 0° (polariseur B), et -45° (polariseur C) avec la verticale. Quelle est l'intensité du faisceau lumineux mesurée en aval du polariseur C ?



A. 0
B. I_0
C. $I_0/\sqrt{2}$
D. $I_0/3$
E. $I_0/4$
F. $I_0/6$
G. $I_0/8$
H. $I_0/16$