PHYSIQUE GÉNÉRALE: Electrom. (SMT) Examen du 26.01.2022

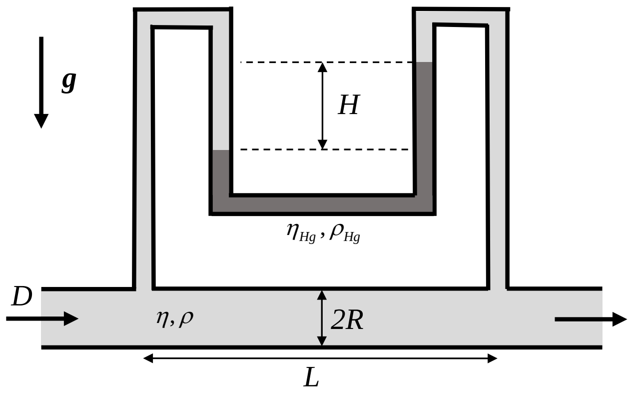
Nom: ....**N. Sciper**……………………**N. Place** :..........

Problème 1 [5 points]

L'appareil de la figure peut être utilisé pour mesurer la viscosité η d'un liquide.

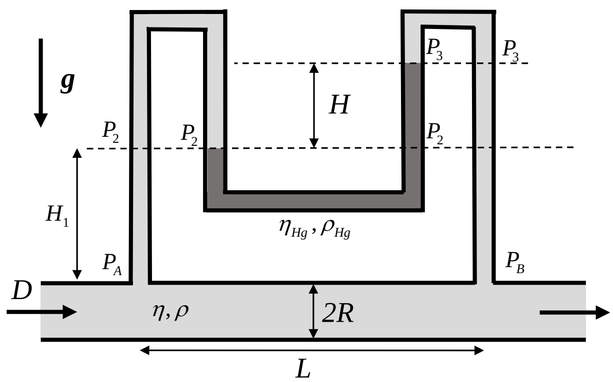
Déterminez:
(a) la viscosité η du liquide
(en fonction de R, L, D, H, ρ, ρ_{Hg}, g)
(b) la puissance dissipée par le liquide dans la partie de capillaire de longueur L
(en fonction de R, L, D, H, ρ, ρ_{Hg}, g)

Hypothèses:
1) L'écoulement dans le capillaire cylindrique horizontal est stationnaire et laminaire, avec profil de vitesse de Poiseuille non modifié par les deux ouvertures sur le dessus du capillaire.
2) La colonne de mercure est à l'équilibre.
3) Le liquide et le mercure sont incompressibles.



D : Débit du liquide dans le capillaire [m^3/s].
R : Rayon du capillaire cylindrique [m].
L : Distance entre les deux ouvertures sur le dessus du capillaire [m].
η_{Hg}, ρ_{Hg}: Viscosité [Pa s] et densité du mercure [kg/m^3].
η, ρ: Viscosité [Pa s] et densité du liquide [kg/m^3].
g : Pesanteur [m/s^2]

Solution :



(a)

La différence de hauteur H est due à la différence de pression au niveau des deux ouvertures au sommet du capillaire. Cette différence de pression est due à la perte d'énergie causée par la viscosité du fluide. Débit pour un écoulement de type Poiseuille:

$$D = \frac{\pi \Delta P}{8\eta L} R^4 \Rightarrow \eta = \frac{\pi \Delta P}{8DL} R^4 \quad \text{avec } \Delta P = P_A - P_B$$

$$\begin{cases} P_2 = P_A - \rho g H_1 \\ P_2 = P_3 + \rho_{Hg} g H \\ P_3 = P_B - \rho g (H + H_1) \end{cases} \Rightarrow \Delta P = P_A - P_B = (\rho_{Hg} - \rho) g H \Rightarrow \eta = \frac{\pi(\rho_{Hg} - \rho) g H R^4}{8DL} \quad \text{(2 points)}$$

(b)

L'energie dissipee est l'energie a l'entree moins l'energie a la sortie du volume du capillaire de longeuer L. Nous pouvons utiliser la loi de Bernoulli pour determiner cette difference d'energie (c'est une application non conventionnelle de la loi de Bernoulli). Pour chaque ligne de courant et element de volume dV :

$$dE_{diss}(r) = \left(\frac{1}{2}\left(\Delta v(r)\right)^2 + \Delta P + \rho_{Hg} g \Delta h\right) dV$$

mais: $\Delta v(r) = 0$ (fluide incompressible et conservation de la masse) $\Delta h = 0$ (capillaire horizontal)

$$\Rightarrow dE_{diss}(r) = \Delta P dV$$

$$dP_{diss}(r) = \frac{dE_{diss}(r)}{\Delta t(r)} = \frac{dE_{diss}}{L / v(r)} \Rightarrow P_{diss} = \int_0^L dl \int_0^R \frac{v(r)\Delta P}{L} 2\pi r dr$$

$$v(r) = \frac{\Delta P}{4\eta L}(R^2 - r^2) \Rightarrow P_{diss} = \frac{\pi (\Delta P)^2}{8\eta L} R^4 \Rightarrow$$ (1.5 points)

$$P_{diss} = \frac{\pi\left(\left(\rho_{Hg} - \rho\right) gH\right)^2}{8\eta L} R^4 \Rightarrow P_{diss} = \frac{\pi\left(\left(\rho_{Hg} - \rho\right) gH\right)^2}{8\eta L} R^4 \Rightarrow$$

$$P_{diss} = \frac{\pi\left(\left(\rho_{Hg} - \rho\right) gH\right)^2}{8L} \frac{8DL}{\pi\left(\rho_{Hg} - \rho\right) gHR^4} R^4 = \left(\rho_{Hg} - \rho\right) gHD \Rightarrow$$

$$P_{diss} = \left(\rho_{Hg} - \rho\right) gHD$$ (1.5 points)

Autre solution:

$$E_{diss} = \left(\frac{1}{2}\left(\Delta v\right)^2 + \Delta P + \rho_{Hg} g \Delta h\right) \Delta V = \Delta P \Delta V \Rightarrow P_{diss} = \frac{E_{diss}}{\Delta t} = \Delta P \Delta V \frac{D}{\Delta V} = D\Delta P = D\left(\rho_{Hg} - \rho\right) gH$$

Autre solution:

$$P_{diss} = \int_V \mathbf{f}_{visc} \cdot \mathbf{v} dV$$

$$dV = r dr d\theta dl; \quad \mathbf{v}(r) = \frac{\Delta P}{4\eta L}(R^2 - r^2)\hat{\mathbf{z}}; \quad \nabla^2 \mathbf{v}(r) = (\nabla^2 v_z)\hat{\mathbf{z}} \text{ mais } (\nabla^2 v_z) = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r \frac{\partial v_z}{\partial r}\right)\hat{\mathbf{z}} \Rightarrow \nabla^2 \mathbf{v}(r) = -\frac{\Delta P}{\eta L}\hat{\mathbf{z}}$$

$$\Rightarrow P_{diss} = \int_V \mathbf{f}_{visc} \cdot \mathbf{v} dV = \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^L dl \int_0^R \eta \nabla^2 \mathbf{v}(r) \cdot \mathbf{v}(r) r dr = \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^L dl \int_0^R -\frac{\Delta P}{L}\frac{\Delta P}{4\eta L}(R^2 - r^2) r dr = 2\pi L \frac{(\Delta P)^2}{4\eta L^2} \int_0^R (R^2 - r^2) r dr$$

$$\int_0^R (R^2 - r^2) r dr = \int_0^R r R^2 dr - \int_0^R r^3 dr = R^2 \frac{1}{2}\left[r^2\right]_0^R - \frac{1}{4}\left[r^4\right]_0^R = \frac{R^4}{2} - \frac{R^4}{4} = \frac{R^4}{4}$$

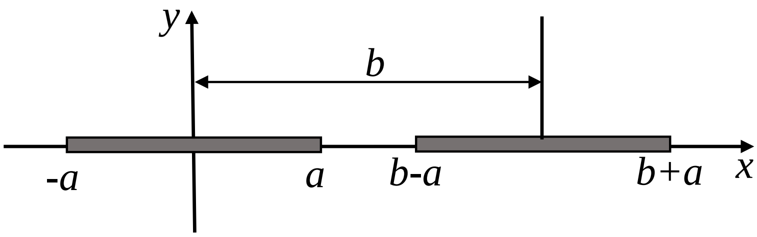
$$\Rightarrow P_{diss} = \pi \frac{(\Delta P)^2}{2\eta L} \frac{R^4}{4}$$

mais (voir solution question a): $\Delta P = \left(\rho_{Hg} - \rho\right) gH$ et $\eta = \dfrac{\pi \Delta P R^4}{8DL}$

$$\Rightarrow P_{diss} = \pi \frac{(\Delta P)^2}{2L} \frac{R^4}{4} \frac{8DL}{\pi \Delta P R^4} = D\Delta P = D\left(\rho_{Hg} - \rho\right) gH$$

Problème 2 [5 points]

Deux tiges minces identiques de longueur $2a$ portent des charges égales Q uniformément réparties le long de leur longueur. Les tiges sont situées le long de l'axe x avec leurs centres séparés d'une distance b. Déterminez:
(a) le champ électrique **E** créé par les deux tiges le long de l'axe x (i.e., $\mathbf{E}(x,0,0)$) pour $a<x<(b-a)$.
(b) la force **F** exercée par la tige de gauche sur la tige de droite.



Note : $\int \frac{1}{(x^2-c^2)}dx = \frac{1}{2c}\ln(\frac{2c}{c+x}-1)$ pour $x>0$ et $c>0$

Solution :
(a) Le champ électrique créé par la tige de gauche le long de l'axe x pour $x>a$ est :

$$\mathbf{E}_g(x,0,0) = E_g(x,0,0)\hat{\mathbf{x}} + 0\hat{\mathbf{y}} + 0\hat{\mathbf{z}}; \qquad dE_g(x,0,0) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{r^2};\ \ dq = \frac{Q}{2a}dr \Rightarrow dE_g(x,0,0) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r^2}\frac{Q}{2a}dr$$

$$E_g(x,0,0) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\int_{x-a}^{x+a}\frac{1}{r^2}dr = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\left[-\frac{1}{r}\right]_{x-a}^{x+a} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\left(-\frac{1}{x+a}+\frac{1}{x-a}\right)$$

$$\Rightarrow E_g(x,0,0) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{x^2-a^2}$$ (1 point)

Le champ électrique créé par la tige de droite le long de l'axe x pour $x<(b-a)$ est :

$$\mathbf{E}_d(x,0,0) = E_d(x,0,0)\hat{\mathbf{x}} + 0\hat{\mathbf{y}} + 0\hat{\mathbf{z}};$$

$$E_d(x,0,0) = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\int_{b-a-x}^{b+a-x}\frac{1}{r^2}dr = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\left[-\frac{1}{r}\right]_{b-a-x}^{b+a-x} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\left(-\frac{1}{b+a-x}+\frac{1}{b-a-x}\right)$$

$$\Rightarrow E_d(x,0,0) = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{(x-b)^2-a^2}$$ (1 point)

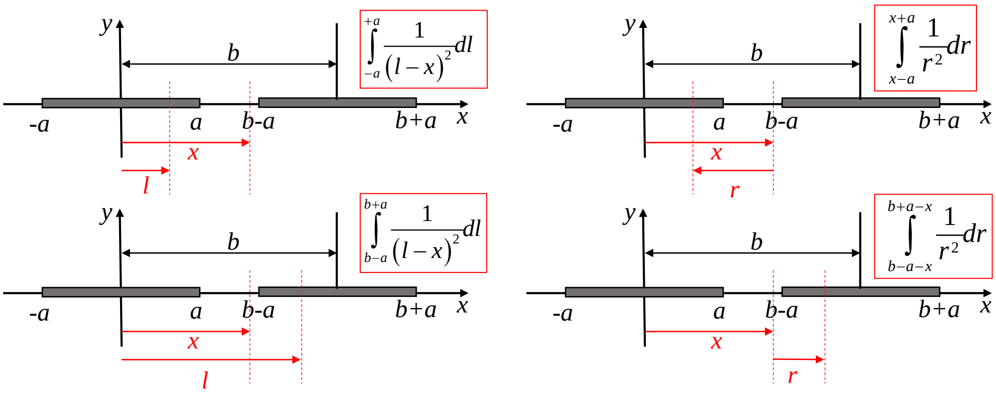
$\Rightarrow$ pour $a<x<(b-a)$ le champ électrique totale est:

$$\mathbf{E}(x,0,0) = \mathbf{E}_g(x,0,0) + \mathbf{E}_d(x,0,0) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{x^2-a^2} - \frac{1}{(x-b)^2-a^2}\right)\hat{\mathbf{x}}$$ (0.5 points)

Autre "integration":

$$E_g(x,0,0) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\int_{-a}^{+a}\frac{1}{(l-x)^2}dl = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\left[\frac{1}{x-l}\right]_{-a}^{a} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\left(\frac{2a}{x^2-a^2}\right)$$

$$E_d(x,0,0) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\int_{b-a}^{b+a}\frac{1}{(l-x)^2}dl = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\left[\frac{1}{x-l}\right]_{b-a}^{b+a} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{2a}\left(\frac{2a}{(x-b)^2-a^2}\right)$$



(b) La force **F** exercée par la tige de gauche sur la tige de droite est:

$\mathbf{F} = F\hat{\mathbf{x}} + 0\hat{\mathbf{y}} + 0\hat{\mathbf{z}};$

La force sur un élément dx à la position x de la tige de droite exercée par le champ électrique généré par la tige de gauche est :

$$dF = dqE_g(x,0,0) = \frac{Qdx}{2a}E_g(x,0,0) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{2a}\frac{Q^2}{(x^2-a^2)}dx \Rightarrow$$ (1 points)

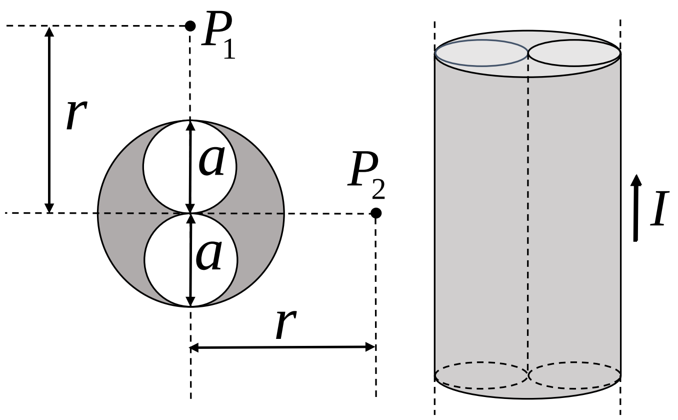
$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q^2}{2a}\int_{b-a}^{b+a}\frac{1}{(x^2-a^2)}dx = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q^2}{2a}\left[\frac{1}{2a}\ln(\frac{2a}{a+x}-1)\right]_{b-a}^{b+a} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q^2}{4a^2}\ln\left(\frac{b^2}{b^2-4a^2}\right)$$

$$\Rightarrow \mathbf{F} = \frac{1}{16\pi\varepsilon_0}\frac{Q^2}{a^2}\ln\left(\frac{b^2}{b^2-4a^2}\right)\hat{\mathbf{x}}$$ (1.5 points)

Problème 3 [5 points]

Un conducteur long et cylindrique de diamètre $2a$ possède deux cavités cylindriques, chacune de diamètre a, sur toute sa longueur. Un courant I circule dans le conducteur, avec une densité de courant uniforme sur la section transversale du matériau conducteur.

Déterminez l'amplitude du champ magnétique B, en fonction de I, r et a, aux points
(a) P_1,
(b) P_2,
qui sont situés à l'extérieur du conducteur cylindrique (i.e., $r>a$).



Solution :

Le problème peut être résolu en considérant que le champ magnétique résultant est la superposition du champ créé par trois conducteurs cylindriques infinis, un de rayon a et deux de rayon $a/2$. (1 point)
L'amplitude de la densité de courant est la même, tandis que le sens du courant dans le conducteur de rayon a est opposé à celui qui circule dans les deux conducteurs de rayon $a/2$.

$$J = J_f = \frac{I}{A}; \qquad A = \pi a^2 - \pi\frac{a^2}{4} - \pi\frac{a^2}{4} = \frac{\pi a^2}{2} \qquad \Rightarrow J = \frac{2I}{\pi a^2}$$ (0.5 points)

La symétrie du problème permet d'obtenir **B** en utilisant la loi d'Ampère pour chacun des fils (et en faisant la superposition vectorielle des champs obtenus) :

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

(a)

$$B_1(P_1) = \frac{\mu_0 J\pi a^2}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I}{\pi r},\ B_2(P_1) = \frac{\mu_0 J\pi (a/2)^2}{2\pi(r-(a/2))} = \frac{\mu_0 I}{4\pi(r-(a/2))},\ B_3(P_1) = \frac{\mu_0 J\pi(a/2)^2}{2\pi(r+(a/2))} = \frac{\mu_0 I}{4\pi(r+(a/2))}$$

$$B(P_1) = B_1(P_1) - B_2(P_1) - B_3(P_1) \Rightarrow B(P_1) = \frac{\mu_0 I}{\pi r}\left(\frac{2r^2 - a^2}{4r^2 - a^2}\right)$$ (1.5 points)

(b)

$$B_1(P_2) = \frac{\mu_0 J\pi a^2}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I}{\pi r},\ B_2(P_2) = B_3(P_2) = \frac{\mu_0 J\pi(a/2)^2}{2\pi\sqrt{(r^2 + (a/2)^2)}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi\sqrt{(r^2+(a/2)^2)}}$$

$$B(P_2) = B_1(P_2) - B_2(P_2)\cos\theta - B_2(P_2)\cos\theta = \frac{\mu_0 I}{\pi r} - 2\frac{\mu_0 I^2}{4\pi\sqrt{(r^2+(a/2)^2)}}\cos\theta$$

$$\cos\theta = \frac{r}{\sqrt{(r^2+(a/2)^2)}} \Rightarrow B(P_2) = \frac{\mu_0 I}{\pi r}\left(\frac{2r^2 + a^2}{4r^2 + a^2}\right)$$ (1.5 points)

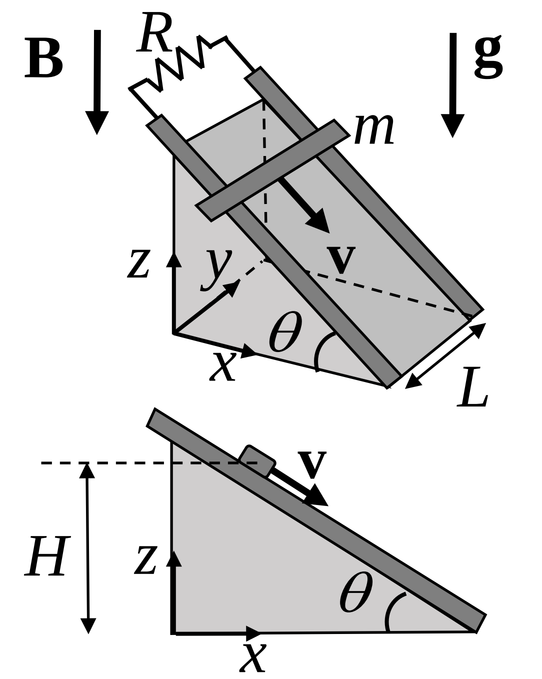
Note: $B(P_2) = \frac{\mu_0 I}{\pi}\left(\frac{1}{r} - \frac{\sin(2\arctan(a/2r))}{2a}\right)$ est une solution identique.

Problème 4 [5 points]

Une barre conductrice de masse m glisse a vitesse v <u>constante</u> et sans frottement sur une paire de rails conducteurs séparés par une distance L. La barre et les rails sont situés sur un plan incliné forment un angle θ avec le sol.
Les deux rails sont uniquement connectés en haut avec une résistance R. La résistance des rails et de la barre sont négligeables. Le système est dans un champ magnétique uniforme $\mathbf{B} = -B\hat{\mathbf{z}}$ (i.e., dirigé vers le bas, perpendiculairement au sol). La force de gravité agit sur la barre dans la même direction que le champ magnétique.

Déterminez :
(a) La vitesse v de la barre le long des rails.

(b) L'énergie E_J dissipée par effet Joule dans la résistance pendant le temps que met la barre à descendre d'une hauteur H.



Solution :

(a) $\Phi_B = \int_S \mathbf{B}\cdot d\mathbf{s} = \int_S B\cos\theta ds = B\cos\theta \int_S ds = B\cos\theta L x'$

$x' = \dfrac{x}{\cos\theta} \qquad (x' : \text{direction du mouvement de la barre, } \mathbf{v} = v\hat{\mathbf{x}}')$

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}\Phi_B = B\cos\theta L\frac{dx'}{dt} = B\cos\theta L v = vB\cos\theta L$$

(aussi $\varepsilon = \oint_C (\mathbf{E} + \mathbf{v}\times\mathbf{B})\cdot d\mathbf{l} = \oint_C (\mathbf{v}\times\mathbf{B})\cdot d\mathbf{l} = \int_{C'} (\mathbf{v}\times\mathbf{B}) d\mathbf{l} = vB\cos\theta L$)

(C' est la barre mobile, la seule partie du circuit qui a une vitesse $\mathbf{v}$ non nulle).

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{vB\cos\theta L}{R}$$ (1 point)

$$\mathbf{F}_m = I\int_L d\mathbf{l}\times\mathbf{B} = IL\hat{\mathbf{y}}\times\mathbf{B} = -ILB\hat{\mathbf{x}} = \frac{vB\cos\theta L}{R}LB\hat{\mathbf{x}} = -\frac{vB^2\cos\theta L^2}{R}\hat{\mathbf{x}} = -F_m\hat{\mathbf{x}}$$ (1 point)

$\mathbf{F}_g = m\mathbf{g} = -mg\hat{\mathbf{z}} = -F_g\hat{\mathbf{z}} \qquad \mathbf{F}_s = F_s\cos\theta\hat{\mathbf{z}} + F_s\sin\theta\hat{\mathbf{x}}$

Vitesse constante $\Rightarrow \mathbf{F}_m + \mathbf{F}_s + \mathbf{F}_g = 0$

$$\begin{cases} -F_m + F_s\sin\theta = 0 \\ F_s\cos\theta - F_g = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_s\sin\theta = F_m \\ F_s\cos\theta = F_g \end{cases} \Rightarrow \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{F_m}{F_g} = \frac{vB^2\cos\theta L^2}{mgR} \Rightarrow$$

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{vB^2\cos\theta L^2}{mgR} \Rightarrow v = \frac{mgR\sin\theta}{B^2L^2\cos^2\theta}$$ (1 point)

Autre projection des forces (projection sur l'axe x') :
La force totale sur l'axe x' est nulle puisque la barre se déplace à une vitesse constante:

$$-F_m\cos\theta + mg\sin\theta = 0 \Rightarrow \frac{vB^2\cos\theta L^2}{R}\cos\theta = mg\sin\theta \Rightarrow v = \frac{mgR\sin\theta}{B^2L^2\cos^2\theta}$$

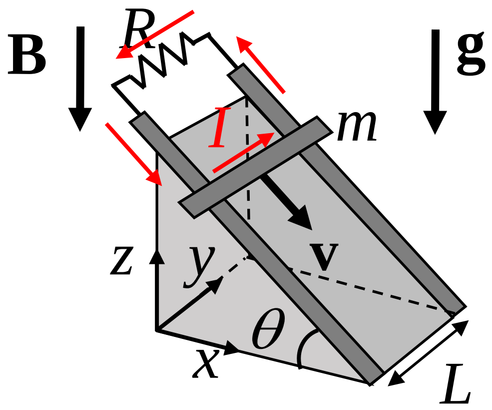
(b) Conservation de l'énergie: En l'absence d'autres forces dissipatives et à vitesse constante, la variation de l'énergie potentielle gravitationnelle est convertie en énergie dissipée par effet Joule dans la résistance: $\Delta E_c + \Delta E_g = \Delta E_J$ avec $E_c = (1/2)mv^2$; $E_g = mgz$

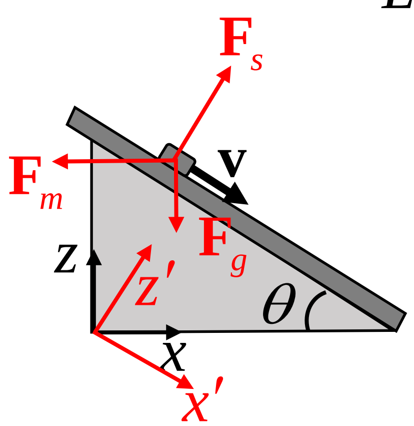
$\Delta E_c + \Delta E_g = \Delta E_J$ mais $v = \text{const.} \Rightarrow \Delta E_c = 0 \Rightarrow \Delta E_J = \Delta E_g = mgH \Rightarrow \Delta E_J = mgH$ (2 points)

Autre solution:

$$H = D\sin\theta,\ \Delta t = \frac{D}{v} = \frac{H}{v\sin\theta} \Rightarrow E_J = \int_0^{H/v\sin\theta} RI^2 dt = RI^2 \int_0^{H/v\sin\theta} dt = R\left(\frac{vB\cos\theta L}{R}\right)^2 \frac{H}{v\sin\theta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_J = R\left(\frac{B\cos\theta L}{R}\right)^2 \frac{mgR\sin\theta}{B^2L^2\cos^2\theta}\frac{H}{\sin\theta} = mgH$$

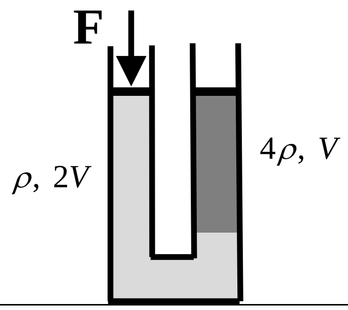




Questions [une seule réponse correcte par question, 1 point/question, 15 points]

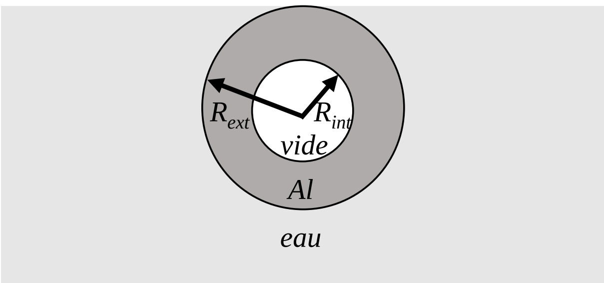
ε_0	$\varepsilon_0 \cong 8.85\times10^{-12}$ F/m	
μ_0	$\mu_0 \cong 1.26\times10^{-6}$ H/m	
Vitesse de la lumière	$c \cong 3\times10^{8}$ m/s	(dans le vide)
Accélération de la pesanteur (gravité)	$g \cong 9.8$ m/s	(à la surface de la Terre)
Pression atmospherique	$P_{atm} \cong 1.0\times10^{5}$ Pa	(pression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

Un tube vertical en forme de U et de section constante S contient deux liquides immiscibles incompressibles. Le premier, de densité ρ, occupe un volume $2V$. Le deuxième, de densité 4ρ, occupe un volume V. Les extrémités du tube sont fermées par deux pistons identiques et soumis à la pression atmosphérique. Quelle est la force F qu'il faut appliquer au piston de gauche pour que le niveau soit le même des deux côtés du tube ?



A. $3\rho gV / S$
B. $3\rho g$
C. $3\rho gS$
D. $4\rho gS / V$
E. $4\rho gV$
F. $3\rho gV$
G. $2\rho gV$
H. ρgV
I. 0

Une boule sphérique d'aluminium (ρ_{Al}=2700 kg/m^3) de masse 1.26 kg contient une cavité sphérique vide concentrique à la boule. La boule flotte à peine dans l'eau (ρ_{eau}=1000 kg/m^3). Calculez (a) le rayon extérieur de la boule R_{ext} et (b) le rayon de la cavitè R_{int}.



A. 0.067 m; 0.057 m
B. 0.097 m; 0.087 m
C. 0.12 m; 0.10 m
D. 0.15 m; 0.13 m
E. 0.22 m; 0.19 cm
F. 0.33 m; 0.27 m
G. 0.43 m; 0.37 m
H. 0.53 m; 0.47 m

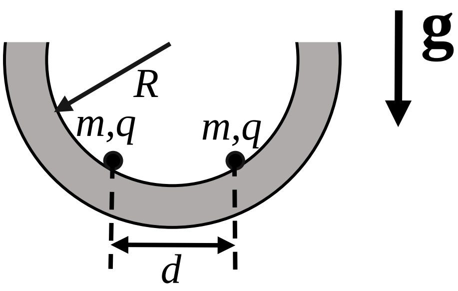
Un électron avec une vitesse de 3x10^6 m/s entre dans un champ électrique uniforme de magnitude 1x10^3 V/m. Les lignes du champ électrique sont parallèles à la vitesse de l'électron et pointent dans la même direction que la vitesse. Quelle distance l'électron parcourt-il avant d'atteindre une vitesse nulle ?

A. 0.026 m
B. 0.052 m
C. 0.26 m
D. 1.3 m
E. 2.6 m
F. 5.1 m
G. 11 m
H. 26 m

Que se passe-t-il lorsqu'un isolant chargé est placé près d'un objet métallique (conducteur) non chargé ?

A. Ils se repoussent l'un l'autre.
B. Ils s'attirent l'un l'autre.
C. Ils peuvent s'attirer ou se repousser,
selon que la charge de l'isolant est positive ou négative.
D. Ils n'exercent aucune force électrostatique l'un sur l'autre.

Deux petites sphères identiques ont chacune une masse m et charge q. Lorsqu'elles sont placées dans un bol hémisphérique de rayon R isolant avec $\varepsilon_r \cong 1$ et parois sans friction, les billes se déplacent sur l'action de la force électrostatique et de la force de gravité. A l'équilibre, elles sont à une distance d. Déterminez la charge q sur chaque bille (en fonction de m, d, R, g).



A. $\sqrt{\dfrac{4\pi\varepsilon_0 mgd^3}{2R}}$

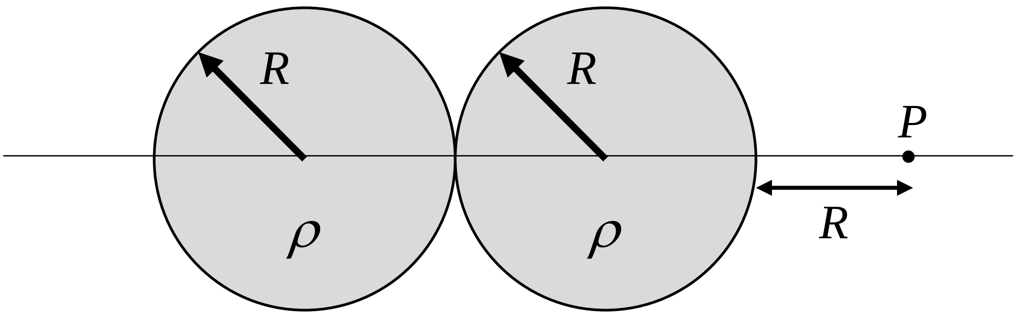
B. $\sqrt{\dfrac{4\pi\varepsilon_0 mgR^3}{\sqrt{4R^2+d^2}}}$

C. $\sqrt{\dfrac{4\pi\varepsilon_0 mgR^3}{\sqrt{4R^2-d^2}}}$

D. $\sqrt{\dfrac{4\pi\varepsilon_0 mgd^3}{R}}$

E. $\sqrt{\dfrac{4\pi\varepsilon_0 mgd^3}{\sqrt{4R^2-d^2}}}$

Deux sphères isolantes de même rayon R sont chargées avec la même densité de charge volumique uniforme ρ (en C/m^3). Les deux sphères sont en contact. Calculez le champ électrique au point P, qui se trouve à $2R$ du centre de la sphère de droite et à $4R$ du centre de la sphère de gauche.



A. 0

B. $\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{\rho}{R^2}$

C. $\dfrac{7}{12\pi\varepsilon_0}\rho R$

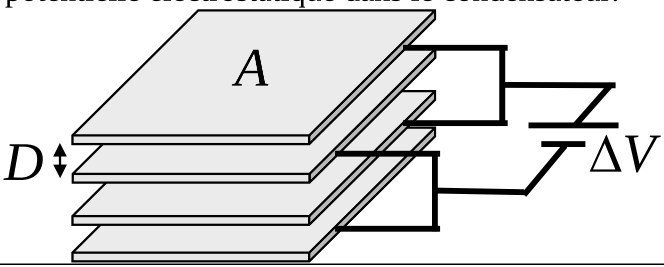
D. $\dfrac{3}{4\varepsilon_0}\rho R$

E. $\dfrac{5}{32\varepsilon_0}\rho R$

F. $\dfrac{1}{\varepsilon_0}\rho R^2$

G. $\dfrac{5}{48\varepsilon_0}\rho R$

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. Une différence de potentiel électrostatique ΔV est maintenue entre les deux connexions. Déterminez l'énergie potentielle électrostatique dans le condensateur.



A. $3\varepsilon_0 A / D$

B. $2\varepsilon_0 A(\Delta V)^2 / D$

C. $3\varepsilon_0 A(\Delta V)^2 / 2D$

D. $3\varepsilon_0 A(\Delta V)^2 / D$

E. $6\varepsilon_0 A(\Delta V)^2 / D$

F. $8\varepsilon_0 A / D$

G. $\varepsilon_0 A(\Delta V)^2 / 2D$

H. $\varepsilon_0 A / 3D$

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

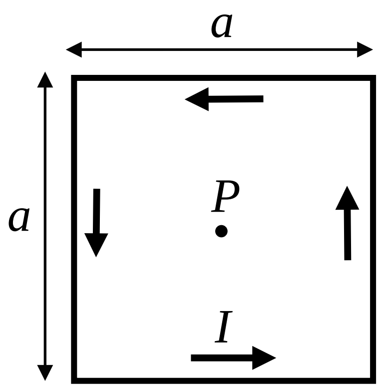
E. 6×10^6 m/s

F. 3×10^8 m/s

G. 6×10^{10} m/s

H. 3×10^{12} m/s

Une boucle carrée de coté a est parcourue par un courant constant d'intensité I. Calculez l'amplitude du champ magnétique B au centre de la boucle (i.e., au point P).



A. $\frac{2\sqrt{2}}{\pi}\frac{\mu_0 I}{a}$

B. $\sqrt{2}\frac{\mu_0 I}{a}$

C. $\frac{\mu_0 I}{a}$

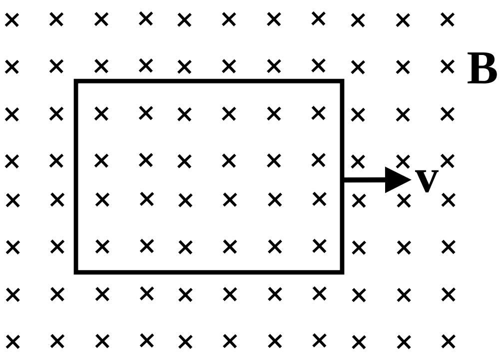
D. $\frac{\sqrt{2}}{\pi}\frac{\mu_0 I}{a}$

E. $\frac{1}{\pi}\frac{\mu_0 I}{a}$

F. $\frac{\sqrt{2}}{2\pi}\frac{\mu_0 I}{a}$

G. 0

Une boucle plate de fil conducteur est tirée à vitesse constante **v** à travers une région de champ magnétique **B** uniforme dirigé perpendiculairement au plan de la boucle, comme dans la figure. Laquelle des affirmations suivantes est correcte ?



A. Un courant est induit dans la boucle dans le sens des aiguilles d'une montre.

B. Un courant est induit dans la boucle dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

C. Une densité de charge non uniforme est produite dans la boucle, avec le bord supérieur positif.

D. Une densité de charge non uniforme est produite dans la boucle, avec le bord supérieur negatif.

E. Une densité de charge non uniforme est produite dans la boucle, avec le bord droit negatif.

F. Une densité de charge non uniforme est produite dans la boucle, avec le bord droit positive.

G. Aucune des réponses ci-dessus.

La sirène d'une ambulance émet un son à 400 Hz. L'ambulance se déplace à 100 km/h. Le conducteur d'une voiture qui suit l'ambulance entend une fréquence de 384.9 Hz. La vitesse du son dans l'air est de 340 m/s. Quelle est la vitesse de la voiture ?

A. $\cong$ 30 km/h

B. $\cong$ 50 km/h

C. $\cong$ 60 km/h

D. $\cong$ 75 km/h

E. $\cong$ 83 km/h

F. $\cong$ 109 km/h

G. $\cong$ 143 km/h

H. $\cong$ 150 km/h

I. $\cong$ 340 km/h

Quel phénomène physique est le principal responsable de la formation des arcs-en-ciel ?

A. Interférence

B. Diffraction

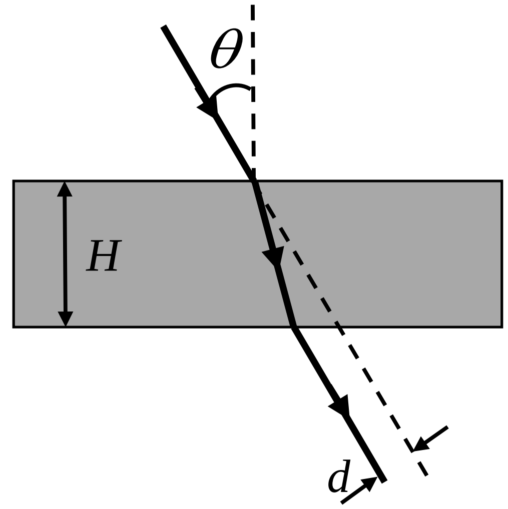
C. Absorption

D. Diffusion

E. Dispersion

F. Polarization

Lorsqu'un faisceau laser passe à travers un bloc d'un matériau d'indice de réfraction n, il est décalé latéralement de la distance d. Le matériau entourant le bloc de verre a un indice de réfraction d'environ 1. Trouvez d en fonction de n, H, et θ.



A. $H\sin\theta\left(1\Big/\sqrt{1-\frac{\sin^2\theta}{n^2}}\right)$

B. $H\sin\theta\left(1\Big/ n\sqrt{1-\frac{\sin^2\theta}{n^2}}\right)$

C. $H\sin\theta\left(1-\left(\sin\theta\Big/ n\sqrt{1-\frac{\sin^2\theta}{n^2}}\right)\right)$

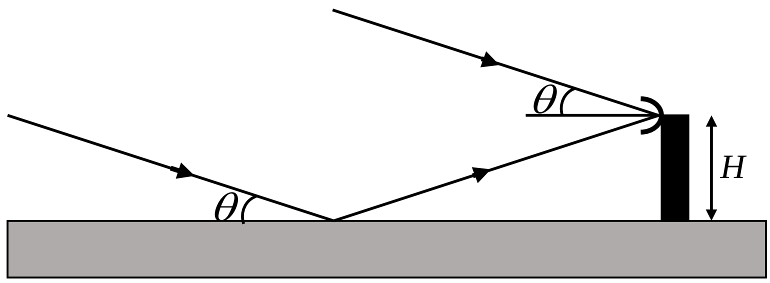
D. $H\sin\theta\left(1-\left(\cos^2\theta\Big/ n\sqrt{1-\frac{\sin^2\theta}{n^2}}\right)\right)$

E. $H\sin\theta\left(1-\left(\cos\theta\Big/ n\sqrt{1-\frac{\sin^2\theta}{n^2}}\right)\right)$

F. $H\sin\theta\left(1-\left(\sin^2\theta\Big/ n\sqrt{1-\frac{\sin^2\theta}{n^2}}\right)\right)$

G. $H\sin\theta\left(1-\left(\cos\theta\Big/ n\sqrt{1-\frac{\sin\theta}{n}}\right)\right)$

On observe une source d'onde radio de longueur d'onde λ à la fois directement et par réflexion sur la mer. L'antenne réceptrice est située à une hauteur H au-dessus du niveau de la mer. L'onde réfléchie à la surface de la mer est déphasée de 180° par rapport à l'onde incidente. Quel est l'angle θ de la source radio au-dessus de l'horizon qui produit le premier maximum d'interférence constructive sur l'antenne?



A. $\arcsin(\lambda/2H)$

B. $\arccos(\lambda/2H)$

C. $\arctan(\lambda/2H)$

D. $\arcsin(\lambda/H)$

E. $\arccos(\lambda/H)$

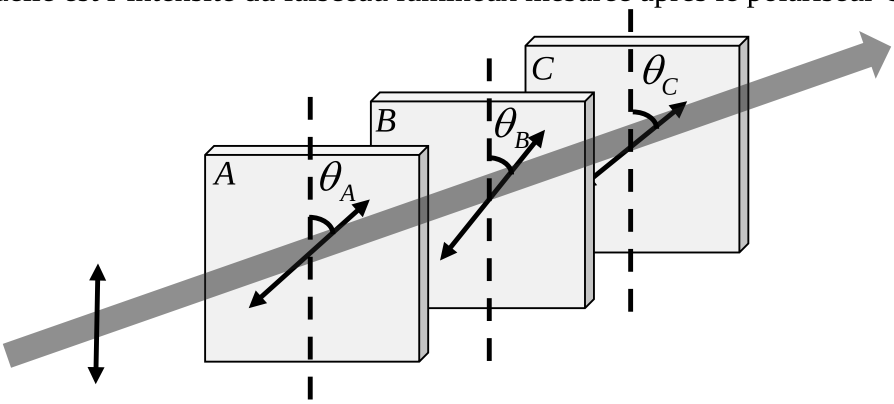
F. $\arctan(\lambda/H)$

G. $\arcsin(\lambda/4H)$

H. $\arccos(\lambda/4H)$

I. $\arctan(\lambda/4H)$

Un faisceau lumineux polarisé verticalement d'intensité I_0 (en W/m^2) traverse trois polariseurs linéaires dont les axes forment des angles θ_A (polariseur A), θ_B (polariseur B), et θ_C (polariseur C) avec la verticale. Quelle est l'intensité du faisceau lumineux mesurée après le polariseur C ?



A. 0

B. $I_0\cos^2\theta_A\cos^2(\theta_A-\theta_B)\cos^2(\theta_B-\theta_C)$

C. $I_0\cos^2\theta_A\cos^2(\theta_B)\cos^2(\theta_C)$

D. $I_0^3\cos^2\theta_A\cos^2(\theta_B)\cos^2(\theta_C)$

E. $I_0^3\cos^2\theta_A\cos^2(\theta_A-\theta_B)\cos^2(\theta_B-\theta_C)$

F. $I_0\cos^2(\theta_A-\theta_B)\cos^2(\theta_B-\theta_C)$

G. $I_0/8$

H. $I_0/3$

I. I_0