

Nom

SOLUTIONS

Numéro d'étudiant.e _____

Professeur

Marc de Montigny

Date

Jeudi 1er mars 2018, de 8h30 à 9h50

Local

local 366

INSTRUCTIONS

- Ce cahier contient **6 pages**. Écrivez-y directement vos réponses. Vous pouvez utiliser le verso pour vos calculs. **Je ne le corrigerai pas sauf si vous m'indiquez de le faire.**
- L'examen contient **25 points** et il vaut **25%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **8 questions**. Pour certaines questions, vous pourrez obtenir une partie des points même si votre réponse finale est erronée.
- Examen à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille recto-verso) que vous aurez complété. Vous perdrez 5/25 si vous y avez inclus des solutions ou si vous ne retournez pas votre aide-mémoire avec l'examen.
- Matériel permis: aide-mémoire, crayons ou stylos, calculatrice. Tout autre appareil électronique ou moyen de communication est interdit. Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

Si quelque chose n'est pas clair, dites-le moi!

Question 1. Pression dans des pneus de motocyclette [3.0 points]

Une motocyclette et son conducteur ont une masse totale de 485 kg. Chaque pneu a une pression effective égale à $P_g = 47.2$ psi. (Rappel: 14.7 psi = 1.1013×10^5 Pa.)

- (a) En supposant que le poids de la moto soit réparti uniformément sur les deux roues, quelle est l'aire de la surface de contact entre chaque pneu et la route, en cm^2 ?
(b) Si on veut que l'aire de contact soit de 65 cm^2 , faudra-t-il gonfler ou dégonfler les pneus?



Solution

(a) De $P_g = \frac{F}{A}$, nous obtenons $A = \frac{\frac{1}{2}mg}{P_g}$ pour chaque pneu, qui soutient la moitié du poids. $P_g = 47.2 \text{ psi} \frac{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}}{14.7 \text{ psi}} = 3.2526 \times 10^5 \text{ Pa}$. On obtient donc

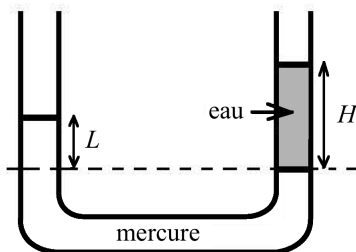
$$A = \frac{\frac{1}{2}mg}{P_g} = \frac{(0.5)(485)(9.81)}{3.2526 \times 10^5} = 7.31 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = \boxed{73.1 \text{ cm}^2}$$

(J'accepte aussi 67.3 cm^2 pour les personnes qui ont pris $14.7 \text{ psi} = 1.1013 \times 10^5 \text{ Pa}$ et non $= 1.013 \times 10^5 \dots$)

(b) Vu que $65 < 73.1 \text{ cm}^2$, il faudra .

Question 2. Pression dans une colonne de fluide [4.5 points]

Le tube en U montré ci-dessous a un rayon interne de 0.40 cm et il contient 60 cm^3 de mercure ($\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kg/m}^3$). Si on ajoute 25 cm^3 d'eau ($\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg/m}^3$) dans le tuyau de droite, quelle sera la différence de hauteur $H - L$ des deux interfaces liquide-air?



Solution

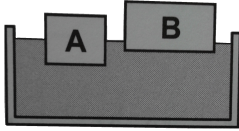
La colonne d'eau pousse le mercure de façon à ce que ce dernier monte vers la gauche. Au niveau de la ligne hachurée, on a $P_{\text{gauche}} = P_{\text{at}} + \rho_{\text{Hg}}gL$ et $P_{\text{droite}} = P_{\text{at}} + \rho_{\text{eau}}gH$. Comme $P_{\text{gauche}} = P_{\text{droite}}$, on a $P_{\text{at}} + \rho_{\text{Hg}}gL = P_{\text{at}} + \rho_{\text{eau}}gH$, d'où $L = H \frac{\rho_{\text{eau}}}{\rho_{\text{Hg}}}$. Le volume d'eau ajouté à la droite vaut $H\pi R^2 = 25 \times 10^{-6} \text{ m}^3$, qui donne $H = 0.497359 \text{ m}$, d'où on trouve $L = H \frac{\rho_{\text{eau}}}{\rho_{\text{Hg}}} = 0.03657 \text{ m}$.

La différence des hauteurs vaut donc $H - L = \boxed{46 \text{ cm}}$

suite à la page suivante...

Question 3. Poussée d'Archimède [2.0 points]

Deux blocs A et B (de masses et hauteurs égales, mais dont les autres dimensions sont différentes) flottent sur l'eau à différents niveaux. Est-ce que la force de poussée sur A est plus grande, plus petite ou égale à la force de poussée sur B? Expliquez brièvement.



Réponse

Égale, car dans chaque cas, $F_b = mg$ et les masses sont les mêmes.

Question 4. Viscosité et débit volumique [5.0 points]

On évacue l'eau ($\rho = 1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, viscosité $\eta = 1.00 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$) d'une piscine par un tuyau horizontal, au niveau du sol, de longueur $L = 3.00 \text{ m}$ et de rayon interne $d = 0.90 \text{ cm}$. Supposez que le niveau supérieur de l'eau de piscine soit à $h = 1.40 \text{ m}$ au-dessus du sol, et ne change pas rapidement. Supposez que la pression de l'eau à la sortie du tuyau et à la surface de l'eau soit égale à $P_{\text{at}} = 101 \text{ kPa}$.

- (a) Quelle est la pression de l'eau au fond de la piscine (et donc, à l'entrée du tuyau)?
(b) Quel est le débit volumique, en m^3/s , de l'eau à la sortie du tuyau?



Solutions

- (a) La pression au fond de la piscine vaut

$$P_{\text{at}} + \rho gh = 1.01 \times 10^5 + (10^3)(9.81)(1.4) = \boxed{114 \text{ kPa}}$$

- (b) La partie ρgh de (a) donne la différence de pression ΔP entre les extrémités du tuyau, que l'on utilise dans la formule de Poiseuille:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\Delta P \pi r^4}{8\eta L} = \frac{\rho gh \pi r^4}{8\eta L} = \frac{(10^3)(9.81)(1.4)\pi(9 \times 10^{-3})^4}{8(10^{-3})(3)} = \boxed{1.18 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}}$$

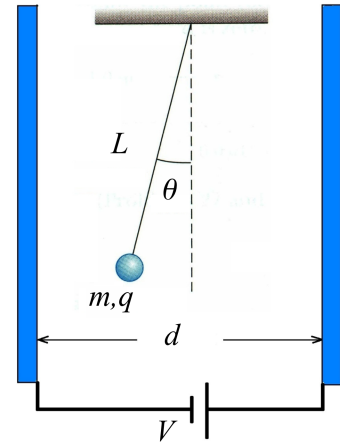
(J'accepte aussi $7.37 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ pour les personnes qui ont pris $d = 0.90 \text{ cm}$ comme le diamètre...)

suite à la page suivante...

Question 5. Objet chargé dans un champ électrique [4.0 points]

Une petite sphère de masse $m = 2.0 \text{ g}$ et de charge $q = 3.4 \mu\text{C}$ est suspendue à une corde de longueur $L = 20 \text{ cm}$, entre deux plaques conductrices séparées de $d = 10 \text{ cm}$ et branchées à une fém $V = 130 \text{ V}$.

- (a) Quel est le signe de la charge électrique sur la sphère?
- (b) Quel est la valeur numérique de l'angle θ ?



Solutions

(a) \mathbf{E} pointe vers la gauche, vers V plus petit. Comme \mathbf{F}_E pointe aussi vers la gauche, la charge est positive

(b) La grandeur du champ électrique est $E = \frac{V}{d}$. La deuxième loi de Newton donne $m\mathbf{g} + \mathbf{T} + \mathbf{F}_E = \mathbf{0}$, dont les deux composantes sont $F_x : qE - T \sin \theta = 0$ et $F_y : T \cos \theta - mg = 0$. En éliminant T , on trouve

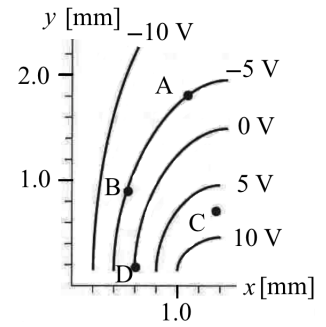
$$\tan \theta = \frac{qE}{mg} = \frac{qV}{mgd} = \frac{(3.4 \times 10^{-6})(130)}{(2 \times 10^{-3})(9.81)(0.10)} = 0.22528, \quad \theta = 12.7^\circ$$

suite à la page suivante...

Question 6. Potentiel et champ électriques [2.5 points]

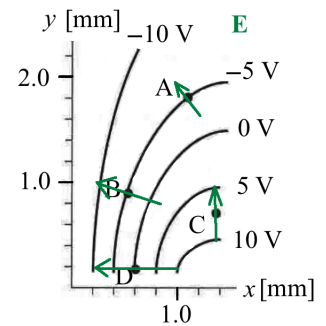
La figure ci-dessous contient cinq courbes équipotentiellles dans le plan xy . Comme indiqué, les axes sont mesurés en mm et les potentiel en volts.

- (a) Déterminez approximativement la grandeur et la direction du champ électrique \mathbf{E} au point D.
- (b) Parmi les points A, B, C, D, indiquez celui où le champ \mathbf{E} est le plus faible.
- (c) Indiquez la direction de \mathbf{E} aux points A, B, C.
- (d) Quel travail externe est requis pour transporter un objet chargé de 1 coulomb du point A au point B?



Solutions

- (a) Le potentiel décroît vers la gauche et $E = \frac{\Delta V}{\Delta x} = \frac{5 \text{ V}}{0.2 \text{ mm}} = \boxed{25\,000 \text{ V/m, vers la gauche}}$
- (b) Le champ \mathbf{E} est le plus faible là où les lignes équipotentiellles sont moins denses: **au point A**
- (c) Voir figure ci-dessous; important de pointer vers V plus petit et perpendiculaire aux courbes...
- (d) Les points A et B sont sur une équipotentielle, donc $\boxed{W_{ext} = 0 \text{ J}}$



suite à la page suivante...

Question 7. Tension de claquage [1.5 point]

Sachant que la tension de claquage dans l'air vaut 3.0 MV/m , quelle doit être la différence de potentiel minimale entre les électrodes d'un pistolet Taser pour qu'une étincelle traverse la distance de 5.0 cm entre ses électrodes?

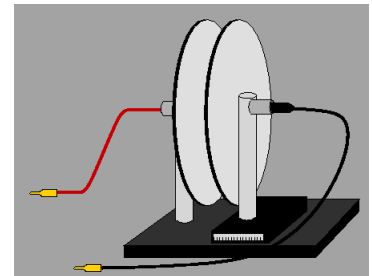


Solutions

$$V = Ed = (3 \times 10^6)(0.05) = 1.5 \times 10^5 \text{ V}$$

Question 8. Énergie emmagasinée dans un condensateur [2.5 points]

Considérez le condensateur ci-dessous, semblable à ceux utilisés en laboratoire. Les deux plaques ont un diamètre égal à 18 cm et sont séparées de 1.5 mm . Si on place du papier (constante diélectrique $\kappa = 3.7$) dans tous l'espace entre les plaques, et qu'on branche ces plaques à une pile de 12 V , quelle quantité d'énergie sera emmagasinée dans ce condensateur?



Solutions

On utilise $U = \frac{1}{2}CV^2$ et $C = \frac{\kappa\epsilon_0 A}{d}$ qui donnent

$$U = \frac{1}{2} \frac{\kappa\epsilon_0 A}{d} V^2 = \frac{1}{2} \frac{(3.7)(8.85 \times 10^{-12})(\frac{1}{4}\pi(0.18)^2)}{1.5 \times 10^{-3}} (12)^2 = 4.0 \times 10^{-8} \text{ J}$$

Bonne chance!