

Nom	SOLUTIONS
Numéro d'étudiant	_____
Professeur	Marc de Montigny
Date	Jeudi 6 février 2020, de 8h30 à 9h50
Local	FSJ 366

INSTRUCTIONS

- Cet examen contient 4 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 20 points et vaut 20% de la note finale du cours.
- L'examen contient 6 questions. Vous pourrez obtenir des points partiels même si votre réponse finale est erronée. Expliquez de façon claire et précise.
- Examen à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille recto-verso) que vous aurez complété. Vous perdrez 5/20 si vous y avez inclus des solutions ou 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, demandez-moi de clarifier!

Question 1. Pression [1.5 point]

Certains types de dinophytes, des micro-organismes aquatiques, peuvent émettre de la lumière par un processus de bioluminescence, causé par une déformation de la surface cellulaire avec une pression très faible d'environ 1.0×10^{-5} N par cm^2 . Combien vaut cette pression

- (a) en pascals (Pa) et
- (b) en atmosphères (atm)?



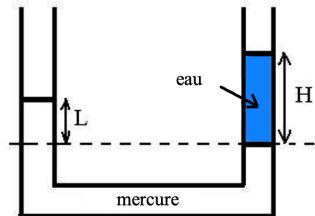
Réponses

$$(a) \frac{10^{-5} \text{ N}}{\text{cm}^2} \times \frac{\text{cm}^2}{10^{-4} \text{ m}^2} = \boxed{0.10 \text{ Pa}}$$

$$(b) 0.10 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ atm}}{1.01 \times 10^5 \text{ Pa}} = \boxed{9.9 \times 10^{-7} \text{ atm} \approx 10^{-6} \text{ atm}}$$

Question 2. Principe de Pascal [4.5 points]

On vide 60 cm^3 de mercure ($\rho_{\text{Hg}} = 13\,600 \text{ kg/m}^3$) dans un tube en forme de U dont le rayon interne vaut 0.40 cm. Si on ajoute ensuite 25 cm^3 d'eau ($\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$) dans le tube de droite, quelle sera la différence de hauteur, $H - L$, entre les deux interfaces liquide-air?



Solution

L'eau pousse le mercure de façon à ce qu'il monte vers la gauche. Si on calcule la pression de chaque côté au niveau de la ligne hachurée, on obtient $P_{\text{at}} + \rho_{\text{Hg}}gL$ à gauche et $P_{\text{at}} + \rho_{\text{H}_2\text{O}}gH$ à droite. En égalant, on trouve

$$P_{\text{at}} + \rho_{\text{Hg}}gL = P_{\text{at}} + \rho_{\text{H}_2\text{O}}gH \rightarrow L = H \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho_{\text{Hg}}}$$

où H est donné par le volume d'eau ajouté, $V = \pi R^2 H = 25 \text{ cm}^3 = 25 \times 10^{-6} \text{ m}^3$, de sorte que

$$H = \frac{V}{\pi R^2} = \frac{25 \times 10^{-6}}{\pi (4 \times 10^{-3})^2} = 0.497 \text{ m}$$

La différence des niveaux est donc

$$H - L = H \left(1 - \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho_{\text{Hg}}}\right) = 0.497 \left(1 - \frac{1000}{13600}\right) = 0.46 \text{ m} = \boxed{46 \text{ cm}}$$

suite à la page suivante...

Question 3. Principe d'Archimède [4.0 points]

Lorsqu'on attache un cube d'aluminium ($\rho_{\text{Al}} = 2700 \text{ kg/m}^3$) d'arête égale à 2.50 cm, à l'extrémité inférieure d'un ressort dans le vide, à l'équilibre, ce ressort est étiré de 5.8 cm.



- (a) Quelle est la constante k du ressort?
- (b) Quelle sera la position du même ressort si on plonge complètement le cube dans de l'eau ($\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$)?

Solutions

(a) À l'équilibre, nous avons $F_R = W$ avec $F_R = kx$ et $W = mg = \rho_{\text{Al}}d^3g$, ce qui donne

$$k = \frac{\rho_{\text{Al}}d^3g}{x} = \frac{(2700)(0.025)^3(9.81)}{0.058} = 7.1355 \approx \boxed{7.1 \text{ N/m}}$$

(b) Dans ce cas, nous avons à l'équilibre $F_R + F_b = W$, avec $F_b = \rho_{\text{H}_2\text{O}}d^3g$, ce qui donne

$$x = \frac{W - F_b}{k} = \frac{\rho_{\text{Al}}d^3g - \rho_{\text{H}_2\text{O}}d^3g}{k} = \frac{(\rho_{\text{Al}} - \rho_{\text{H}_2\text{O}})d^3g}{k} = \frac{(2700 - 1000)(0.025)^3(9.81)}{7.1355} = 0.0365 \approx \boxed{3.6 \text{ cm}}$$

Question 4. Continuité et Bernoulli [3.5 points]

Un tuyau d'arrosage horizontal a un rayon de 0.85 cm et l'eau y circule à une vitesse de 1.1 m/s et une pression de 1.4 atmosphères. Au bout de ce tuyau, on attache un pistolet de rayon 0.42 cm. Calculez

- (a) la vitesse de l'eau dans le pistolet et
- (b) la pression de l'eau dans le pistolet.

Solutions

(a) De l'équation de continuité,

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2}v_1 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 v_1 = \left(\frac{0.85}{0.42}\right)^2 1.1 = \boxed{4.5 \text{ m/s}}$$

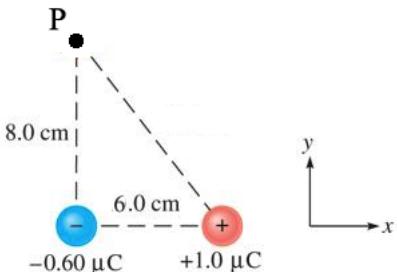
(b) L'équation de Bernoulli donne

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) = 1.4 \times 1.01 \times 10^5 + \frac{1}{2}(1000)(1.1^2 - 4.5^2) = 1.32 \times 10^5 = \boxed{1.3 \text{ atm}}$$

suite à la page suivante...

Question 5. Champ électrique [5.0 points]

Calculez la grandeur et la direction du champ électrique créé au point P par les deux charges ponctuelles illustrées ci-dessous. Vous pouvez donner la direction en termes des axes x-y.



Solutions

Soit $q_1 = -0.60 \mu\text{C}$ et $q_2 = +1.0 \mu\text{C}$, dont nous calculons les champs correspondants \mathbf{E}_1 et \mathbf{E}_2 , respectivement, au point P. On voit que \mathbf{E}_1 pointe vers $-\hat{\mathbf{y}}$ avec grandeur

$$E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2} = \frac{(9 \times 10^9)(6 \times 10^{-7})}{0.08^2} = 8.4 \times 10^5 \text{ V/m},$$

et que \mathbf{E}_2 pointe à $\tan^{-1} \frac{8.0}{6.0} = 53^\circ$ au-dessus de l'axe $-x$ avec grandeur (on utilise Pythagore pour r_2^2)

$$E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2} = \frac{(9 \times 10^9)(1 \times 10^{-6})}{0.08^2 + 0.06^2} = 9.0 \times 10^5 \text{ V/m},$$

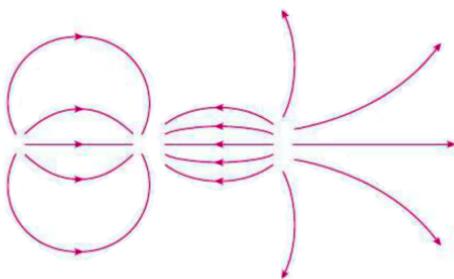
Ainsi, le champ total est donné par

$$\mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 = (-8.4 \times 10^5 \hat{\mathbf{y}}) + (-9.0 \times 10^5 \cos(53^\circ) \hat{\mathbf{x}} + 9.0 \times 10^5 \sin(53^\circ) \hat{\mathbf{y}}) = -5.4 \times 10^5 \hat{\mathbf{x}} - 1.2 \times 10^5 \hat{\mathbf{y}}.$$

Ainsi le champ a une grandeur de $5.5 \times 10^5 \text{ V/m}$ à un angle de $\tan^{-1} \frac{-1.2}{-5.4} = -13^\circ$ sous l'axe $-x$

Question 6. Lignes de champ électrique [1.5 point]

La figure ci-dessous montre les lignes d'un champ électrique créé par un système de charges électriques. Indiquez où se trouvent les charges sources, ainsi que leur signes et leurs grandeurs relatives.



Réponses: de gauche à droite, on a $+q$, $-2q$ et $+2q$

Bonne chance!