

Nom

SOLUTIONS

Numéro d'étudiant

Professeur

Marc de Montigny

Date

Jeudi 28 février 2019, de 8h30 à 9h50

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 vaut 25% de la note finale du cours.
- L'examen contient 8 questions. Pour certaines 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 5/25 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]

Quelle est la force exercée par la pression atmosphérique (prenez 101 kPa) sur un terrain de soccer qui mesure 100 m par 64.0 m? (Pas de points partiels.)

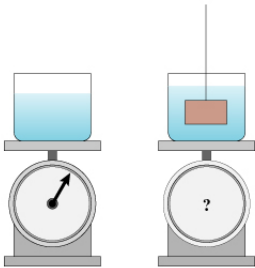


Solution

$$F = PA = (1.01 \times 10^5)(100)(64) = 6.46 \times 10^8 \text{ N}$$

Question 2. Principe d'Archimède [3.5 points]

Une fiole d'eau repose sur une balance qui indique 100 N (figure de gauche). Par la suite, un petit bloc de matériel inconnu est complètement immergé dans l'eau. Ce bloc ne touche pas à la fiole et n'y a pas d'eau déversée de la fiole.



| | Masse (g) | Volume (cm ³) |
|---|-----------|---------------------------|
| A | 100 | 50 |
| B | 100 | 200 |
| C | 200 | 50 |
| D | 50 | 100 |
| E | 200 | 100 |
| F | 400 | 50 |

- (a) Est-ce que, suite à l'ajout du bloc, la lecture de la balance sera plus grande, égale ou plus petite que sans bloc?
- (b) On répète l'expérience avec les six blocs dont les masses et les volumes sont dans le tableau (en haut à droite), à chaque fois, en les immergeant complètement, sans qu'ils touchent le contenant et sans déversement d'eau. Classez les blocs en *ordre croissant* de la lecture sur la balance; au besoin, indiquez les égalités par =.

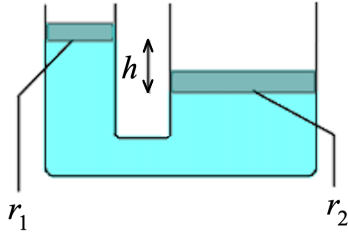
Réponses

- (a) Plus grande que 100 N Par la 3^e loi de Newton, la poussée d'Archimède sur le bloc est égale et opposée à la force par le bloc sur l'eau (et la balance) vers le bas, ce qui augmente la lecture sur la balance.
- (b) F_b est proportionnelle au volume (colonne de droite) et donc la lecture est d'autant plus grande que le volume est grand. On a donc $A = C = F < D = E < B$

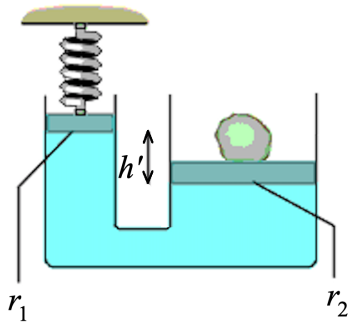
suite à la page suivante...

Question 3. Principe de Pascal [5.5 points]

(a) La figure ci-dessous montre un système hydraulique rempli d'eau (densité 1000 kg/m^3) avec deux pistons. Le piston de gauche a un rayon $r_1 = 2.0 \text{ cm}$ et une masse de 2.8 kg , et celui de droite a $r_2 = 4.5 \text{ cm}$ et une masse de 15 kg . Quelle est la distance h (montrée sur la figure) entre les bases respectives des pistons pour laquelle le système sera en équilibre?



(b) À ce système en équilibre, on ajoute un ressort (constante $k = 350 \text{ N/m}$, initialement non-étiré) au piston de gauche, puis on dépose une pierre de 30 kg sur le piston de droite. De combien le ressort sera-t-il comprimé suite à l'ajout de cette pierre? (Indice: la force par un ressort vaut $F = kx$; quand le piston de droite descend d'une distance x , celui de gauche monte de x , de sorte que la distance entre les deux change de $2x$.)



Solutions

(a) À l'équilibre, on a $P_{at} + \frac{m_1 g}{\pi r_1^2} + \rho g h = P_{at} + \frac{m_2 g}{\pi r_2^2}$, qui donne

$$h = \frac{1}{\rho \pi} \left(\frac{m_2}{r_2^2} - \frac{m_1}{r_1^2} \right) = \frac{1}{(1000)\pi} \left(\frac{15}{0.045^2} - \frac{2.8}{0.02^2} \right) = 0.1297 \approx \boxed{13 \text{ cm}}$$

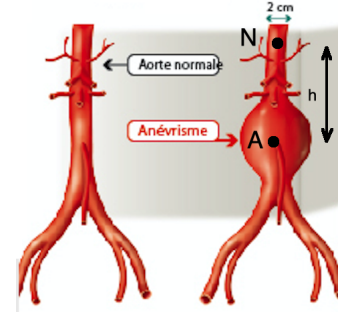
(b) Si la pierre descend de x , le piston de gauche monte de x , de sorte que $h' = h + 2x$. On a donc, à l'équilibre, $P_{at} + \frac{kx}{\pi r_1^2} + \frac{m_1 g}{\pi r_1^2} + \rho g(h + 2x) = P_{at} + \frac{(M+m_2)g}{\pi r_2^2}$. En résolvant pour x et utilisant l'expression pour h obtenue en partie (a), on obtient

$$x = \frac{Mg}{\left(2\rho g + \frac{k}{\pi r_1^2}\right) \pi r_2^2} = \frac{(30)(9.81)}{\left(2(1000)(9.81) + \frac{350}{\pi(0.02^2)}\right) \pi(0.045^2)} = 0.1552 \approx \boxed{16 \text{ cm}}$$

suite à la page suivante...

Question 4. Équation de Bernoulli [4.0 points]

Un anévrisme aortique est un gonflement d'une région de l'aorte (figure ci-dessous à droite). Le sang (densité 1060 kg/m^3 , de viscosité négligeable) circule de la région normale N (diamètre 2.0 cm) vers l'anévrisme A (diamètre 5.0 cm) avec un débit volumique moyen de $120 \text{ cm}^3/\text{s}$. Quelle est la différence de pression entre deux points A et N, séparés de $h = 8.0 \text{ cm}$? La pression à l'anévrisme (point A) est-elle plus grande ou plus petite qu'au point N?



Solution

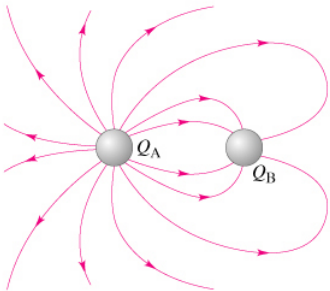
Avec le débit $Q = Av = 120 \text{ cm}^3/\text{s}$, on calcule $v_N = \frac{Q}{\pi r_N^2} = 0.382 \text{ m/s}$ et $v_A = \frac{Q}{\pi r_A^2} = 0.0611 \text{ m/s}$. De l'équation de Bernoulli, on obtient

$$P_A - P_N = \rho g(y_N - y_A) + \frac{1}{2} \rho (v_N^2 - v_A^2) = 1060(0.08) + \frac{1}{2}(1060)(0.382^2 - 0.0611^2) = 907.2 \approx \boxed{910 \text{ Pa}}$$

Comme cette réponse est positive, la pression à l'anévrisme est plus élevée.

Question 5. Champ électrique [1.5 point]

La figure ci-dessous montre les lignes de champ électrique d'un système de deux charges ponctuelles Q_A et Q_B . Laquelle (ou lesquelles) des relations à droite pourrai(en)t représenter les grandeurs et signes de Q_A et Q_B ? (Pas de points partiels.)



- $Q_A = +q, Q_B = -q$
- $Q_A = +7q, Q_B = -3q$
- $Q_A = +3q, Q_B = -7q$
- $Q_A = -3q, Q_B = +7q$
- $Q_A = -7q, Q_B = +3q$

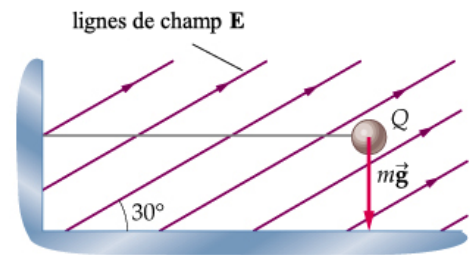
Réponse: $Q_A = +7q, Q_B = -3q$

suite à la page suivante...

Question 6. Force et champ électriques [3.0 points]

Une petite sphère de masse $m = 4.1 \text{ g}$ et de charge $Q = +40 \mu\text{C}$ est attachée à une corde de masse négligeable et placée dans un champ électrique uniforme qui pointe à 30° de l'horizontale (figure). Si la sphère est en équilibre quand la corde est horizontale,

- (a) quelle est la grandeur du champ électrique, et
 (b) quelle est la tension dans la corde?

**Solutions**

- (a) La loi de Newton donne deux équations

$$\sum F_x : QE \cos(30) - T = 0, \quad \sum F_y : QE \sin(30) - mg = 0.$$

De la seconde équation, on obtient $E = \frac{mg}{Q \sin(30)} = \frac{(0.0041)(9.81)}{(40 \times 10^{-6}) \sin(30)} = 2011 \approx \boxed{2000 \text{ N/C}}$

(b) En éliminant E des équations, on trouve $T = \frac{mg}{\tan(30)} = \boxed{7.0 \times 10^{-2} \text{ N}}$

Question 7. Potentiel électrique [3.0 points]

Considérez une région de l'espace où un champ électrique uniforme de 5000 N/C pointe vers les x positifs.

- (a) Si on se déplace de 2.0 cm vers les x positifs, de combien change le potentiel électrique (indiquez le signe)?
 (b) Quel est le déplacement (vers $+x$ ou $-x$?) entre les équipotentielles $+13 \text{ V}$ et $+15 \text{ V}$?
 (c) Quel travail *externe* (c.-à-d. non électrique) est requis pour déplacer un électron de l'équipotentielle $+13 \text{ V}$ vers l'équipotentielle $+15 \text{ V}$? Indiquez le signe du travail.

Solutions

(a) $\Delta V = -E\Delta x = -(5000)(0.02) = \boxed{-100 \text{ V}}$

(b) $\Delta x = -\frac{\Delta V}{E} = -\frac{15-13}{5000} = \boxed{-0.4 \text{ mm (donc vers } -x)}$

(c) $W_{ext} = q\Delta V = (-1.6 \times 10^{-19})(15 - 13) = \boxed{-3.2 \times 10^{-19} \text{ J}}$

suite à la page suivante...

Question 8. Condensateurs [3.0 points]

Un condensateur est constitué de deux disques conducteurs parallèles de rayon 6.91 cm et séparés de 0.860 mm entre lesquels il y a un matériau diélectrique de constante $\kappa = 2.10$. Quelle différence de potentiel correspondra à une charge de $4.75 \mu\text{C}$ sur les plaques de ce condensateur?

Solutions

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{Qd}{\kappa\epsilon_0 A} = \frac{(4.75 \times 10^{-6})(0.86 \times 10^{-3})}{(2.1)(8.85 \times 10^{-12})\pi(0.0691)^2} = 14650 \approx \boxed{14.7 \text{ kV}}$$

Bonnes chance!