Faculté Saint-Jean **hiver 2022**
PHYSQ 126 LEC B1 - Fluides, champs et radiation **examen partiel 1**

Nom SOLUTIONS

Numéro ____________________________

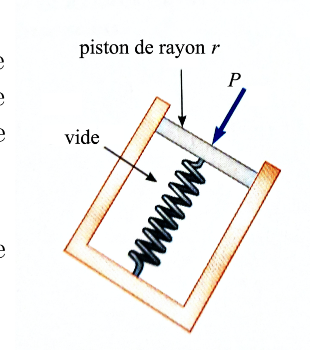
Professeur Marc de Montigny
Date jeudi 10 février 2022, de 8h30 à 9h50
Local En ligne. Les questions seront envoyées par courriel et affichées sur le site web.

INSTRUCTIONS

- Cet examen contient **5 pages**, incluant celle-ci. Vous pouvez écrire vos solutions et réponses sur des feuilles séparées ou une tablette, et vous m'enverrez des photos ou scans –si possible, en un seul fichier pdf– par courriel à mdemonti@ualberta.ca avant 9h50.
- L'examen contient **8 questions**. Vous pouvez obtenir une partie des points, même si des réponses finales sont erronées, sauf pour les questions 3 et 5, qui n'ont pas de points partiels.
- L'examen contient **15 points** et vaut **15%** de la note finale du cours.
- Examen à livre ouvert, avec droit à vos notes, au manuel et à l'aide-mémoire, que vous aurez complété. N'utilisez ni l'internet, ni vos téléphones, sauf pour communiquer avec moi.
- Incluez une phrase semblable à "J'atteste que j'ai fait l'examen seul, sans aide ni discussion avec d'autres personnes".
- Je serai accessible par courriel (à mdemonti@ualberta.ca) pendant l'examen.
- Je superviserai l'examen via Zoom, auquel vous vous brancherez peu avant 8h30, en gardant vos caméras ouvertes et micros fermés, sans écouteurs.

Si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas à me demander de clarifier!

Question 1. Pression et force [2.0 points]



Le dispositif illustré à droite permet de mesurer la pression comme suit: un cylindre vide (donc, $P_{\text{interne}} = 0$ Pa) contient un piston léger, de rayon 1.8 cm, attaché à un ressort de constante k. On suppose que lorsque la pression externe P_{ext} vaut $P_{\text{atm}} = 101.3$ kPa, le ressort est comprimé de 20 cm par rapport à sa position d'équilibre.

(a) Quelle doit être la constante k du ressort?
(b) Si on place ce dispositif au Mont Everest, où la pression vaut $P_{\text{ext}} = 35$ kPa, de combien ce ressort sera-t-il comprimé?

Solutions:

(a) $F = \Delta PA = kx$ donne $k = \frac{\Delta P \pi r^2}{x} = \frac{(101300)\pi(0.018)^2}{0.2} = 515.55 \approx \boxed{516 \text{ N/m}}$
(b) $x = \frac{\Delta PA}{k} = \frac{(35000)\pi(0.018)^2}{515.55} = 0.069 = \boxed{6.9 \text{ cm}}$

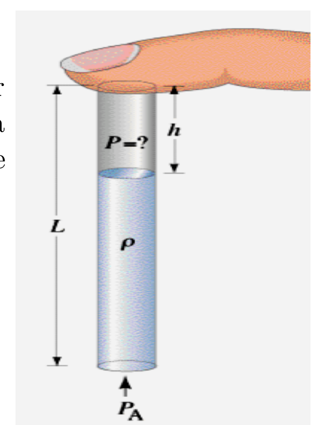
Question 2. Pression et profondeur [1.5 point]

Si la paroi d'un sous-marin peut tolérer une pression maximale de 1.6×10^7 Pa, jusqu'à quelle profondeur ce sous-marin pourra-t-il descendre dans l'océan, si on suppose la densité de l'eau égale à 1025 kg/m^3? (Supposez que $P_{\text{at}} = 100$ kPa.)

Solution:

$$P_b = P_h + \rho g h \rightarrow h = \frac{P_b - P_h}{\rho g} = \frac{1.6 \times 10^7 - 10^5}{(1025)(9.81)} = \boxed{1580 \text{ m}}$$

Question 3. Pression et profondeur [1.0 point, pas de point partiel]



Vous mettez une paille dans un verre d'eau, placez votre doigt sur le dessus pour que l'air ne puisse entrer ou sortir, puis soulevez la paille du liquide. Vous observez alors que la paille retient un peu de liquide. Que peut-on dire de la pression de l'air P dans la partie supérieure de paille, comparée à la pression atmosphérique P_A? (Cochez une réponse.)

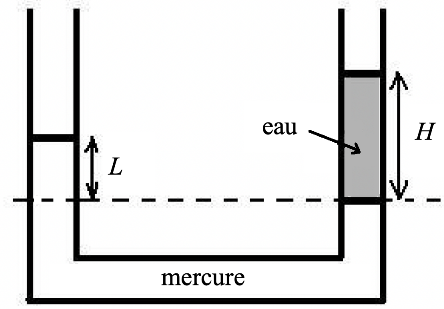
(A) $P > P_A$
(B) $P = P_A$
(C) $P < P_A$
(D) Manque d'information pour répondre

Réponse: (C) pour avoir une force vers le haut contre le poids

[suite p. 3...]

Question 4. Principe de Pascal [2.5 points]

Le tube en U ci-contre a un rayon interne de 0.40 cm et il contient initialement 60 cm^3 de mercure. Si on y ajoute 25 cm^3 d'eau dans le tuyau de droite, la colonne d'eau poussera le mercure de façon à que ce dernier montera vers la gauche, tel qu'illustré. À l'équilibre, quelle sera la différence des hauteurs, $H-L$, des interfaces liquide-air? (Densités: $\rho_{Hg} = 13600$ kg/m^3 et $\rho_{eau} = 1000$ kg/m^3.)



Solution:

Si on calcule la pression au niveau de la droite hachurée, qui est juste sous le niveau d'eau, on obtient $P_{at} + \rho_{Hg} g L$ pour la gauche et, au même niveau, $P_{at} + \rho_{eau} g H$ pour la droite. En égalant ces deux expressions, on obtient

$$P_{at} + \rho_{Hg} g L = P_{at} + \rho_{eau} g H \rightarrow L = \frac{\rho_{eau}}{\rho_{Hg}} H$$

Avec un volume d'eau ajoutée $V = H\pi R^2 = 25$ cm$^3 = 25 \times 10^{-6}$ m^3, où $R = 0.004$ m, on calcule

$$H = 0.497359 \text{ m} \rightarrow L = \frac{1000}{13600} H = 0.0365705 \text{ m} \rightarrow H - L = \boxed{46.1 \text{ cm}}$$

Question 5. Poussée d'Archimède [1.0 point, pas de point partiel]

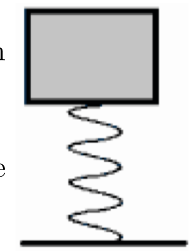
Un ballon d'hélium dans un bocal de verre rempli d'air flotte vers le haut du bocal. Si on remplace l'air par de l'hélium, qu'arrivera-t-il au ballon d'hélium? (Cochez une réponse.)

(A) Le ballon éclatera.
(B) Le ballon flottera vers le haut du bocal.
(C) Le ballon flottera au centre du bocal.
(D) Le ballon coulera au fond du bocal.

Réponse: (D) à cause du poids du ballon

[suite p. 4...]

Question 6. Poussée d'Archimède [2.5 points]



Un bloc de bois de densité 750 kg/m^3 et volume 0.014 m^3 est attaché au dessus d'un ressort vertical de constante $k = 530$ N/m. Négligez la densité de l'air.

(a) De combien ce ressort est-il comprimé quand le bloc est dans l'air?

(b) Si ce système est complètement immergé dans de l'eau de densité 1000 kg/m^3, le ressort sera-t-il comprimé ou étiré? De combien?

$\boxed{\text{Solutions}}$

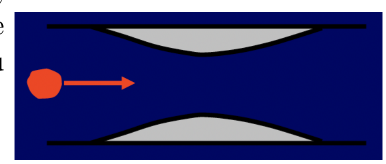
(a) Deux forces agissent: le poids W et le ressort F_R (vers le haut), de sorte que

$$W = F_R \rightarrow \rho_{bois} V g = kx \rightarrow x = \frac{\rho_{bois} V g}{k} = \frac{(750)(0.014)(9.81)}{530} = 0.194 = \boxed{19 \text{ cm}}$$

(b) Trois forces agissent: le poids W, la force d'Archimède et le ressort F_R. Comme $F_b > W$, on aura F_R vers le bas (le ressort sera étiré), de sorte que

$$F_b = W + F_R \rightarrow F_R = F_b - W, kx = \rho_{eau} V g - \rho_{bois} V g \rightarrow$$
$$x = \frac{(\rho_{eau} - \rho_{bois}) V g}{k} = \frac{(1000 - 750)(0.014)(9.81)}{530} = 0.0648 = \boxed{6.5 \text{ cm}}$$

Question 7. Fluides en mouvement [2.5 points]



L'accumulation de plaque sur les parois d'une artère peut réduire son diamètre, initialement de 1.1 cm, à une valeur finale de 0.90 cm. On suppose que la vitesse du flot sanguin est de 14 cm/s avant d'atteindre l'obstruction. La concentration du sang vaut 1060 kg/m^3.

(a) Quelle est la vitesse du flot sanguin dans la région étroite?

(b) Quelle est la baisse de pression dans la région étroite?

$\boxed{\text{Solutions}}$

(a) De l'équation de continuité,

$$v_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1 = \left(\frac{1.1}{0.9}\right)^2 (14) = 20.91 \approx \boxed{21 \text{ cm/s}}$$

(b) On utilise l'équation de Benoulli:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \rightarrow P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right) = \frac{1}{2}(1060)(0.2091^2 - 0.14^2) = 12.79 \approx \boxed{13 \text{ Pa}}$$

[suite p. 5...]

Question 8. Viscosité [2.0 points]

Un patient reçoit une injection avec une aiguille hypodermique de 3.2 cm de long et 0.30 mm de diamètre. En supposant que la solution injectée ait une densité de 1000 kg/m^3 et une viscosité 1.0055×10^{-3} Pa·s, calculez la différence de pression nécessaire pour injecter cette solution à raison de 1.9 g/s.

Solution

On utilise $\Delta P = 8\pi\eta\frac{vL}{A}$ où

$$A = \pi r^2 = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4}\pi(0.0003)^2 = 7.069 \times 10^{-8}\ \mathrm{m}^2$$

et la vitesse est obtenue du débit de masse

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho A v \to v = \frac{\Delta m/\Delta t}{\rho A} = \frac{0.0019}{(1000)(7.069 \times 10^{-8})} = 26.88\ \mathrm{m/s}$$

Ainsi, on calcule

$$\Delta P = 8\pi\eta\frac{vL}{A} = 8\pi(1.0055 \times 10^{-3})\frac{(26.88)(0.032)}{7.069 \times 10^{-8}} = 3.075 \times 10^5 \approx \boxed{3.1 \times 10^5\ \mathrm{Pa}}$$

Bonne chance!