Interrogation - Physique

Lundi 26 Février 2024

Durée : 30 minutes (40 minutes pour les tiers-temps).

Exercice 1 : Questions de cours ($\sim$ 5 points)

1/ Énoncer le premier principe de la thermodynamique. $\Delta U = W + Q$.

2/ Énoncer le deuxième principe de la thermodynamique. $\delta S = \frac{\delta Q}{T} + \delta S_c$.

3/ Donner l'identité thermodynamique pour l'énergie interne (dU en fonction des variables d'états et de leur différentielles). $dU = TdS - PdV$.

4/ Exprimer P comme une dérivée partielle de U. $P = -\left.\frac{\partial U}{\partial V}\right|_S$.

5/ Donner l'expression de l'enthalpie libre H en fonction de U et des variables d'état d'un système. $H = U + PV$.

Exercice 2 : Dérivées partielles, gradient, divergence ($\sim$ 4 points)

Dans tout l'exercice, on considérera le repère orthonormé cartésien $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$.

1/ Soit $f(x, y, z) = 5xy^3 + y + 2z^3$. Calculer $\frac{\partial f}{\partial x}$, $\frac{\partial f}{\partial y}$ et $\frac{\partial f}{\partial z}$. $\frac{\partial f}{\partial x} = 5y^3$; $\frac{\partial f}{\partial y} = 15xy^2 + 1$; $\frac{\partial f}{\partial z} = 6z^2$.

2/ Donner la différentielle totale de f. $df = 5y^3dx + (15xy^2 + 1)dy + 6z^2dz$.

3/ Calculer le gradient de f. $\overrightarrow{\text{grad}}\ f = 5y^3\vec{u}_x + (15xy^2 + 1)\vec{u}_y + 6z^2\vec{u}_z$.

4/ Soit $\vec{A} = 25x\vec{u}_x - 3\vec{u}_y + x^2z\vec{u}_z$. Calculer la divergence de $\vec{A}$. $\text{div}\vec{A} = 25 + x^2$.

5/ Cela a-t-il un sens de calculer le gradient de $\vec{A}$? Justifier brièvement. Non : le gradient transforme un scalaire en vecteur et ne peut pas agir sur un vecteur.

Exercice 3 : Détente réversible d'un gaz parfait ($\sim$ 5 points)

On considère n moles de gaz parfait monoatomique. On donne la constante des gaz parfait : $R = 8.31$ J.K^{-1}.mol^{-1}.

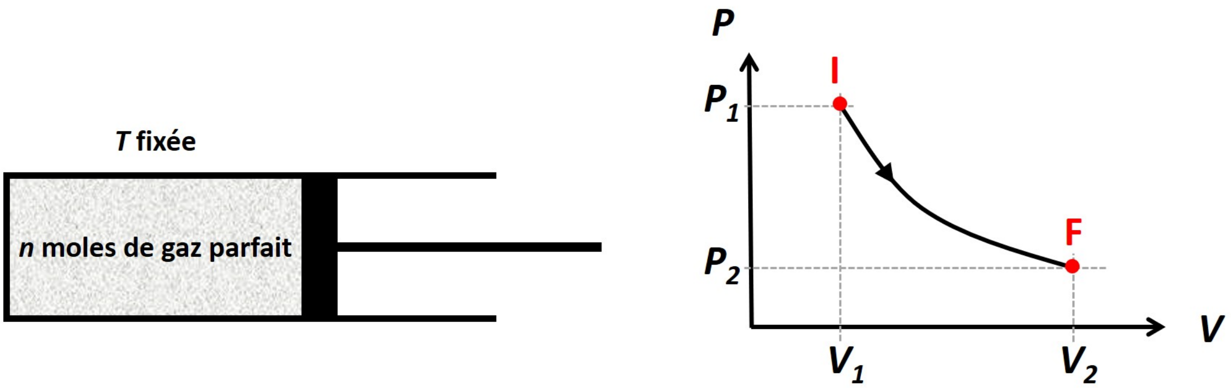

Figure 1 – Détente réversible.

1/ Énoncer la loi des gaz parfait. $pV = nRT$.

2/ Déterminer le travail des forces de pression. Est-il positif ou négatif ? Est-ce logique ? $W = \int_I^F -PdV = -\int_I^F \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \frac{V_1}{V_2} < 0$. Le système fournit du travail.

3/ Que représente le travail des forces de pression, géométriquement, sur le diagramme $P(V)$ ci-dessus ? Le travail des forces de pression représente l'opposé de l'aire sous la courbe $P(V)$, orientée dans le sens de parcours de la transformation.

4/ Que vaut la variation d'énergie interne du gaz parfait ? L'énergie interne U d'un gaz parfait ne dépend que de la température. D'où $\delta U = 0$.

5/ En déduire la chaleur échangée avec le milieu extérieur par le système en fonction de P_1, P_2, V_1 et V_2. Le premier principe donne : $Q = -W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} > 0$: le système prend de la chaleur au thermostat.

Exercice 4 : Tuba et plongée ($\sim$ 4 points)

Pour nager à la surface de l'eau, les nageurs utilisent parfois des masques et des tubas. On va essayer de comprendre pourquoi ce n'est pas possible lorsque l'on plonge au-delà d'une certaine profondeur. Le plongeur est à une profondeur z_P. Ses poumons sont en contact avec l'air de la surface via un tuba comme schématisé figure 2. On suppose que la pression à la surface de l'eau est $P_0 = 1$ bar $= 10^5$ Pa.

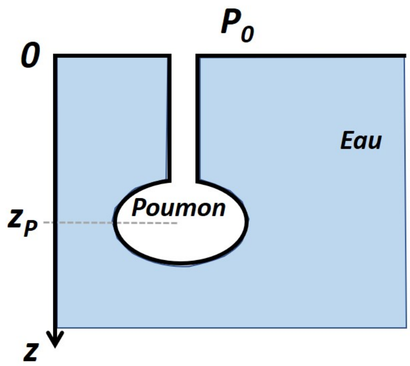

FIGURE 2 – Schématisation du poumon d'un plongeur.

1/ Donner la loi fondamentale de l'hydrostatique dans le cas général. $\overrightarrow{\text{grad}}\, P = \rho \vec{g}$.

2/ Donner la loi fondamentale de l'hydrostatique pour un fluide incompressible. $P_0 - P(z) = -\rho g z$

3/ Quelle est la pression à l'intérieur du poumon, supposé rempli d'air, à une profondeur $z_P = 2$ m ? $P(z_P) = P_0 + \rho_{\text{air}} g z_P = 100\,023$ Pa.

4/ Quelle est la pression à l'extérieur du corps du plongeur à la même profondeur ? $P(z_P) = P_0 + \rho_{\text{eau}} g z_P = 119\,600$ Pa. .

5/ Quelle est la force exercée par l'eau sur le poumon, en supposant que poumon a une surface $S = 0.5$ m^2 ? Ca vous paraît faible ou important ? $F = \Delta P S = 9\,788$ N, soit la force exercée par 1000 kg.

Données :
- Masse volumique de l'eau : 1000 kg.m^{-3}.
- Masse volumique de l'air : 1.2 kg.m^{-3}.
- Accélération de la pesanteur : 9.8 m.s^{-2}.

Exercice 5 : Évaporation d'une casserole d'eau ($\sim$ 4 points)

On considère une casserole contenant 1 L d'eau, initialement à 20°C. La casserole est en inox et a une masse de 2 kg.

1/ Quelle énergie faut-il apporter à la casserole pour l'amener à 100°C ? $Q = \Delta T(4180 + 2 \times 502) = 414\,720$ kJ.

2/ Une fois que la casserole est à 100°C, quelle énergie faut-il lui apporter pour évaporer toute l'eau ? $Q = 2454$ kJ

3/ La plaque de cuisson a une puissance chauffante de 1kW. Quel est la durée qui s'écoule entre le moment où on lance le chauffage de la casserole et le moment où toute l'eau s'est évaporée ? $\Delta t = \frac{Q}{P} = 2869$ s $= 48$ min.

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau : 4180 $J.kg^{-1}.K^{-1}$.
- Capacité thermique massique de l'inox : 502 $J.kg^{-1}.K^{-1}$.
- Chaleur latente de vaporisation de l'eau : 2454 $kJ.kg^{-1}$.
- Masse volumique de l'eau : 1000 $kg.m^{-3}$.