

- Description des systèmes thermodynamiques -

Données pour l'ensemble des exercices :

- Masses molaires atomiques (voir tableau périodique)
- Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$
- Conditions « normales » de température et de pression : $\theta = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ et $P = 1,00 \text{ bar}$.
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9,80 \text{ N.kg}^{-1}$

• Exercice 01 :

Quelle serait la masse d'un objet dont le poids aurait la même valeur que la force exercée par l'atmosphère dans les conditions normales de pression sur chaque cm^2 de peau d'une personne ?

• Exercice 02 :

Un verre cylindrique de hauteur $H = 6,00 \text{ cm}$ et de diamètre $D = 5,00 \text{ cm}$ est rempli à ras bord avec de l'eau. On pose une carte postale de masse négligeable sur la surface de l'eau et on retourne l'ensemble en maintenant la carte postale plaquée contre le verre. Puis on lâche la main (celle qui maintient la carte postale plaquée contre le verre, évidemment, pas celle qui tient le verre !). On constate que la carte postale tient toute seule ...



1- Montrer que le poids de l'eau contenue dans le verre est légèrement supérieur à 1 N.

2- A quelle autre force est soumise la carte postale, justifiant le phénomène observé ? Calculer sa valeur et expliquer le résultat observé dans les conditions normales de pression.

• Exercice 03 :

1- Calculer la masse molaire de l'air sachant que sa composition molaire est de 78 % de diazote, 21 % de dioxygène et 1,0 % d'argon.

2- Quelle est la masse d'air contenue dans un ballon de baudruche de volume $V = 5,00 \text{ L}$ dans les conditions normales de température et de pression ?

• Exercice 04 :

En hiver, par une température extérieure de $T_1 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$, un automobiliste règle la pression de ses pneus à $P_1 = 2,0 \text{ bar}$, pression préconisée par le constructeur.

1- Après avoir roulé longuement, la température de l'air dans le pneu atteint $T_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$. Exprimer la pression P_2 de l'air atteinte dans le pneu en fonction de P_1 , T_1 et T_2 . Faire l'application numérique.

2- À ce moment, le conducteur vérifie la pression des pneus et, la trouvant excessive, il la ramène à $P_1 = 2,0 \text{ bar}$, sans que l'air n'ait eu le temps de se refroidir. Exprimer la pression P'_1 des pneus quand la température sera revenue à $T_1 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ en fonction de P_1 , T_1 et T_2 . Faire l'application numérique.

3- Les pneus sont gonflés à la pression P_1 , à la température T_1 . Si la pression maximale admissible dans le pneu est $P_{\text{max}} = 6,0 \text{ bar}$, à quelle température T_{max} risque-t-il d'exploser ?

• Exercice 05 :

Soient deux ballons B_1 et B_2 de volumes constants $V_1 = 3,00 \text{ L}$ et $V_2 = 1,00 \text{ L}$ contenant respectivement du dioxyde de carbone sous la pression $P_1 = 4,00 \text{ bar}$ et du dioxygène sous la pression $P_2 = 6,00 \text{ bar}$. Ces deux gaz seront considérés comme parfaits et leur mélange également.

1- La température est $T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. On relie B_1 et B_2 par un tube très fin. L'équilibre étant établi à la température T_0 , exprimer la pression $P_{f,1}$ de dioxyde de carbone et celle $P_{f,2}$ en dioxygène dans le mélange en fonction de P_1 , P_2 , V_1 et V_2 (ces pressions sont appelées « pressions partielles ») puis faire l'application numérique.

2- Exprimer la pression totale P_{tot} du mélange en fonction de $P_{f,1}$ et de $P_{f,2}$ puis faire l'application numérique.

3- Exprimer la masse volumique ρ_0 de ce mélange en fonction de $P_{f,1}$, $P_{f,2}$, T_0 et des masses molaires $M(\text{CO}_2)$ et $M(\text{O}_2)$. Faire l'application numérique.

4- On porte la température de l'ensemble de $0 \text{ }^\circ\text{C}$ à $15,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Quelles sont les nouvelles valeurs de la pression totale du mélange (P'_{tot}) et de la masse volumique du mélange (ρ'_{tot}) ?

• Exercice 06 :

On place dans les deux compartiments d'une enceinte la même quantité de matière n d'un gaz parfait. Ces deux compartiments sont séparés par un piston mobile de surface $S = 200 \text{ cm}^2$. Initialement, les deux gaz

ont même température $T_0 = 300 \text{ K}$, même volume $V_0 = 10,0 \text{ L}$ et même pression $P_0 = 10,0 \text{ bar}$, et le piston est au centre de l'enceinte, à l'abscisse $x = 0$.

- 1- Faire un schéma de l'état initial en y indiquant les notations P_0 , V_0 , T_0 et n .
- 2- Calculer la quantité de matière n de gaz dans chaque compartiment.
- 3- On élève la température du gaz du compartiment de gauche jusqu'à $T_F = 350 \text{ K}$, tout en maintenant la température du compartiment de droite à T_0 . Exprimer l'abscisse x atteinte par le piston une fois le nouvel état d'équilibre atteint en fonction de T_0 , T_F , V_0 et S . Faire l'application numérique.

• Exercice 07 :

Dans un radiateur à bain d'huile, des conducteurs ohmiques chauffent l'huile qu'il contient. En refroidissant, cette huile transfère de l'énergie thermique à la pièce dans laquelle se trouve le radiateur. On considère dans la suite un radiateur contenant $V = 5,00 \text{ L}$ d'huile portée à une température de 50 °C . On coupe l'alimentation du radiateur et on constate qu'au bout d'une durée Δt , l'huile est à la température de la pièce ; on estime alors que l'énergie thermique transférée à la pièce entre le moment où le radiateur est éteint et celui où l'huile est à la température de la pièce vaut $2,2 \cdot 10^2 \text{ kJ}$.

Données : # Capacité thermique massique à volume constant de l'huile : $c(\text{huile}) = 2 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.
Masse volumique de l'huile : $\rho(\text{huile}) = 0,81 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

- 1- Quel est le signe de la variation d'énergie interne de l'huile pendant la durée Δt ?
- 2- Quelle est la température de la pièce au bout de la durée Δt ?

• Exercice 08 :

On introduit $V_{\text{eau}} = 100 \text{ mL}$ d'eau dans un calorimètre (enceinte aux parois parfaitement rigides et calorifugées), de l'air étant également présent dans celui-ci. Au bout de quelques minutes, on considère que l'équilibre thermique est établi et on relève la température à l'intérieur du calorimètre : on note $T_1 = 20,0 \text{ °C}$ (température identique à l'extérieur du calorimètre).

On ouvre le calorimètre, on introduit dans l'eau une masse $m_{\text{Fe}} = 60,0 \text{ g}$ de fer préalablement chauffé à une température $T_2 = 80,0 \text{ °C}$, puis on ferme le calorimètre. On considère qu'il y a un volume $V_{\text{air}} = 50,0 \text{ mL}$ d'air emprisonné dans le calorimètre sous une pression $P_{\text{air}} = 1013 \text{ hPa}$. Au bout de quelques minutes, on considère que l'équilibre thermique est établi et on relève la température à l'intérieur du calorimètre : on note $T_3 = 22,4 \text{ °C}$.

Données : # Capacité thermique massique à volume constant de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$;
Capacité thermique massique à volume constant du fer : $c_{\text{fer}} = 449 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$;
Capacité thermique molaire à volume constant de l'air : $C_{V,m,\text{air}} = 5/2 R$;
Capacité thermique du calorimètre : $C_{\text{calo}} = 80 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$;
Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.

- 1- Calculer la variation d'énergie interne des systèmes suivants : {eau}, {air}, {fer}, {calorimètre}.
- 2- Calculer la variation d'énergie interne du système {eau + air + fer + calorimètre}. Commenter le résultat.

• Exercice 09 :

Dans cet exercice, on étudie la vapeur d'eau à la température $T = 500 \text{ °C}$ pour différentes valeurs de la pression p (en bars). Le tableau ci-contre donne le volume molaire V_m (en $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$) et l'énergie interne molaire U_m (en $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) de cette vapeur d'eau.

p	1	40	100
V_m	$6,43 \cdot 10^{-2}$	$1,56 \cdot 10^{-3}$	$5,90 \cdot 10^{-4}$
U_m	56,33	55,77	54,78

- 1- Pour laquelle des pressions de ce tableau la valeur de V_m est-elle la plus proche de ce que prévoit le modèle du gaz parfait ? Pourquoi était-ce prévisible ?
- 2- Comment les valeurs de U_m confirment-elles que la vapeur d'eau ne se comporte pas comme un gaz parfait ?
- 3- On se propose d'adopter le modèle de Van der Waals de ce gaz dit « réel » pour lequel on a :

$$\left(p + \frac{a}{V_m^2} \right) (V_m - b) = RT \quad U_m = U_{m,GP} - \frac{a}{V_m}$$

- a) Déterminer la valeur du coefficient « a » en utilisant les valeurs d'énergies internes molaires du tableau pour $p = 1 \text{ bar}$ et $p = 100 \text{ bars}$. Donner également l'unité du coefficient « a ».
- b) Déterminer alors la valeur du coefficient « b » en utilisant l'équation d'état de Van der Waals pour une pression de 100 bars . Donner également l'unité du coefficient « b ».