DEVOIR À LA MAISON 10

Exercice 1 – Morceau de fer

On verse dans un calorimètre, de masse équivalente en eau $\mu = 20g$, une masse $m_{eau} = 400$ g d'eau très froide et on mesure la température qui se stabilise après quelques instants à $\theta_0 = 2{,}0$ °C. On place dans le calorimètre un morceau de fer de masse $m_{\text{Fe}} = 200$ g, initialement à la température $\theta_1 = 85{,}0$ °C. On vérifie que le morceau de fer est entièrement recouvert d'eau. On attend que la température se stabilise et on mesure la température finale $\theta_F = 6{,}4$ °C.

<u>Donnée</u> : Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{eau} = 4{,}18$ kJ.K^{-1}.kg^{-1}

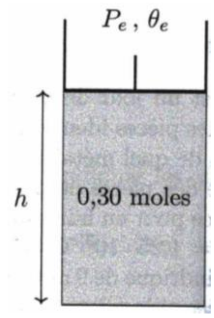
1. Caractériser la nature de la transformation subie par le système complet Σ.
2. Écrire le premier principe en faisant intervenir la variation d'enthalpie ΔH_Σ.
3. Décomposer le système Σ en trois sous-systèmes et déterminer l'expression de la capacité thermique massique du fer c_{Fe}. Effectuer l'application numérique.

Exercice 2 – Conducteur ohmique

Un conducteur ohmique de résistance $R = 1{,}0$ kΩ, assimilé à une phase condensée de capacité thermique *C*, est placé dans l'air ambiant assimilé à un thermostat de température $T_0 = 293$ K $(\theta_0 = 20$ °C$)$. À l'interface entre le conducteur ohmique et l'air, de surface $S = 1{,}0$ cm^2, les transferts thermiques, conductifs et convectifs, sont modélisés par la loi de Newton. Le flux thermique circulant de l'air ambiant vers la résistance à la température *T* est $\phi_{ext\to R} = hS(T_0 - T)$, où *h* est le coefficient de transfert thermique. À partir de $t = 0$, le conducteur ohmique est parcouru par un courant d'intensité constante $I = 100$ mA.

1. Quel autre nom peut-on donner au flux thermique ? Préciser son unité usuelle.
2. Exprimer, en fonction de $\phi_{ext\to R}$, la petite quantité de chaleur δQ échangée par la résistance avec l'air ambiant pendant un petit intervalle de temps *dt*.
3. À l'aide du premier principe appliqué à une transformation élémentaire, déterminer l'expression de petite quantité de chaleur δQ échangée par la résistance avec l'air ambiant en fonction de *dT* la petite variation de température de la résistance, de *R*, de *C*, de *dt* et de *I*.
4. Montrer que la température *T*(*t*) de la résistance vérifie pour $t \geq 0$ l'équation différentielle $\tau_{th}\dfrac{dT(t)}{dt} + T(t) = T_F$. Exprimer τ_{Th} et T_F en fonction des grandeurs de l'énoncé.
5. Au bout d'un temps suffisamment long, le conducteur ohmique atteint une température limite $\theta_1 = 40$ °C. En déduire la valeur du coefficient de transfert thermique *h*.

Exercice 3 – Gaz comprimé



On considère $n = 0{,}30$ mol d'un gaz parfait diatomique enfermé à l'intérieur d'un récipient cylindrique vertical, de base circulaire de rayon $a = 5{,}0$ cm, de grande hauteur, fermé sur sa partie supérieure par un piston de masse négligeable supposé se mouvoir verticalement sans frottement. Les parois du cylindre sont diathermes et on suppose que la température du gaz à l'équilibre thermodynamique est égale à la température extérieure $\theta_e = 20$ °C. Le piston est surmonté d'air à la pression $P_e = 1{,}0$ bar.

<u>Données</u> : nombre d'Avogadro : $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1}, constante des gaz parfaits : $R = 8{,}31$ J.K^{-1}.mol^{-1}, accélération de la pesanteur : $g = 9{,}81$ m.s^{-2}

1. Déterminer le nombre de particules de gaz enfermé dans le récipient.
2. Caractériser l'état d'équilibre initial : pression P_1, température θ_1, ainsi que la hauteur h_1 occupée par le gaz dans le cylindre (expressions et A.N.).
3. Calculer la densité particulaire n_1^*.
4. Déterminer l'énergie interne U_1 du gaz enfermé dans le cylindre sachant que la température de l'expérience correspond à une température usuelle.

On place un corps de masse $m = 10$ kg sur le piston.

5. Caractériser la transformation subie par le gaz. Déterminer les expressions et valeurs numériques de la pression P_2, de la température θ_2 et de la hauteur h_2 dans l'état d'équilibre final.
6. L'énergie interne a-t-elle varié ? Justifier.
7. Déterminer le travail $W_{1\to2}$ des forces de pression, échangé par le gaz avec le milieu extérieur au cours de la transformation. Commenter son signe.
8. En déduire la quantité de chaleur $Q_{1\to2}$ échangée par le gaz avec le milieu extérieur au cours de la transformation. Commenter son signe.

À partir de l'état d'équilibre initial (P_1, θ_1, h_1), on ajoute des grains de sable très lentement jusqu'à ce que la masse totale de sable ajouté soit $m = 10$ kg, et de façon qu'à tout instant les équilibres mécanique et thermique soient réalisés.

9. Reprendre les questions 5, 6, 7 et 8 en notant (P_3, θ_3, h_3) les grandeurs dans l'état d'équilibre final, $W_{1\to3}$ le travail et $Q_{1\to3}$ la quantité de chaleur.

À partir de l'état d'équilibre initial (P_1, θ_1, h_1), on place un corps de masse $m = 10$ kg sur le piston. Les parois du cylindre et du piston sont à présent adiabatiques. On mesure $h_4 = 0{,}86$ m dans l'état d'équilibre final.

10. Qu'est-ce qu'une transformation adiabatique ?
11. Déterminer la pression P_4 et la température θ_4 dans l'état d'équilibre final.
12. Déterminer la variation d'énergie interne $\Delta U = U_4 - U_1$ et le travail $W_{1\to4}$.