

Thermo - TD4 - Second principe

On donne pour l'ensemble du sujet (S_o désigne une constante) :

— Gaz parfait :

$$S(V, T) = nC_{v,m} \ln(T) + nR \ln(V) + S_o$$

$$S(P, T) = nC_{p,m} \ln(T) - nR \ln(P) + S_o$$

— Pour une phase condensée incompressible et indilatable :

$$S(T) = mc \ln(T) + S_o$$

Exercice 1 - Cycle d'un gaz parfait

On considère n moles d'un gaz parfait monoatomique ($\gamma = 5/3$) subissant un cycle passant par trois états :

— état A : $P_A = 1,0$ bar ; $V_A = 2,0$ L ; $T_A = 290$ K

— état B : P_B ; $V_B = 1,0$ L ; T_B

— état C : P_C ; $V_C = 2,0$ L ; $T_C = T_B$.

L'évolution entre A et B est adiabatique réversible ; celle entre B et C isotherme réversible et celle entre C et A une transformation isochore au contact d'une source à la température T_A .

1. Déterminer complètement les états B et C. Faire l'application numérique.
2. Tracer le cycle dans un diagramme de Clapeyron. Que représente l'aire du cycle ?
3. Déterminer les travaux et les transferts thermiques échangés au cours du cycle.
4. Exprimer l'entropie créée lors d'un cycle. Application numérique pour l'entropie créée.

Exercice 2 - Mélange d'eau liquide et de glace

On mélange dans un calorimètre idéal (vase calorifugé et de capacité thermique nulle) 0,50 kg d'eau liquide à 30° C et 10 kg de glace à -20°C sous 1 bar. L'état final correspond alors à 10,5 kg de glace à -8,6°C.

1. Calculer la variation d'entropie lors de cette transformation. Commenter.

On reprend les calculs avec 5kg d'eau liquide. L'état final correspond alors à un équilibre entre l'eau liquide et la glace à $\theta_1 = 0^\circ$ C.

2. Déterminer dans ce cas la masse δm_g d'eau initialement sous forme de glace et ayant fondu au cours de la transformation.
3. Calculer l'entropie créée lors de la transformation. Commenter.

Données :

— capacité thermique massique de la glace $c_g = 2,1$ kJ.K⁻¹.kg⁻¹ ;

— de l'eau liquide : $c_\ell = 4,2$ kJ.K⁻¹.kg⁻¹ ;

— chaleur latente massique de fusion de la glace : $\ell_{fus} = 333$ kJ.kg⁻¹.

Exercice 3 - Évolution d'un système à deux enceintes

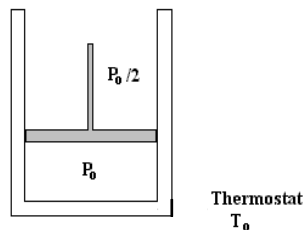
Soit un cylindre indéformable constitué de deux enceintes séparées par une paroi mobile sans frottement, le mouvement de la paroi s'effectuant horizontalement. Les parois du cylindre et de la paroi mobile sont supposés athermanes.

Initialement chacune des deux enceintes renferme un même volume $V_o = 2,0$ L d'hélium sous une pression $P_o = 1,0$ bar et à une température $T_o = 273$ K. L'hélium est assimilé à un gaz parfait monoatomique de coefficient $\gamma = 5/3$. On chauffe l'enceinte (1) par une résistance chauffante R et on suppose que la transformation est assez lente pour être quasistatique.

1. Sachant que l'on arrête le chauffage quand la pression dans l'enceinte (1) atteint une valeur $P_1 = 3P_0$, déterminer la valeur de P_2 dans l'enceinte (2).
2. Caractériser la transformation subie par l'hélium dans l'enceinte (2).
3. En utilisant les résultats de la question précédente, déterminer le volume V_2 et la température T_2 de cette enceinte.
4. En déduire le volume V_1 et la température T_1 de l'enceinte (1).
5. Déterminer le travail électrique W_{elec} fourni par la résistance chauffante.
6. Faire un bilan entropique pour chaque compartiment. Commenter.

Exercice 4 - Détente dans un cylindre muni d'un piston

On considère une mole de gaz monoatomique enfermée dans un cylindre vertical, muni d'un piston de masse négligeable et coulissant sans frottement. Les parois du cylindre et le piston sont diathermes.



L'ensemble du dispositif se trouve au contact de l'atmosphère considérée comme un thermostat à la température $T_0 = 300$ K. À l'état initial, le piston est bloqué par l'opérateur. Le volume initial du gaz est $V_0 = 12$ L et sa pression initiale est P_0 . La pression atmosphérique est maintenue à $P_0/2$ pendant toute l'expérience.

L'opérateur relâche d'abord brutalement le piston.

1. Trouver deux qualificatifs de la transformation subie par le gaz.
2. Déterminer l'état final $T_{f,1}$, $V_{f,1}$ et $P_{f,1}$ en fonction des données. Effectuer les applications numériques.
3. Exprimer puis calculer le travail des forces de pression W_1 algébriquement reçu par le gaz lors de cette détente.
4. Déterminer la variation de l'énergie interne ΔU_1 du gaz lors de la détente. En déduire le transfert thermique Q_1 algébriquement reçu par le gaz. Effectuer les applications numériques.
5. Exprimer puis calculer la variation d'entropie ΔS_1 du gaz lors de cette détente.
6. Exprimer puis calculer l'entropie créée $S_{c,1}$ et l'entropie échangée $S_{e,1}$ par le gaz lors de cette détente.

Partant du même état initial, l'opérateur relâche à présent très lentement le piston.

7. Trouver deux qualificatifs de la transformation subie par le gaz.
8. Que valent $T_{f,2}$, $V_{f,2}$ et $P_{f,2}$?
9. Exprimer puis calculer le travail des forces de pression W_2 algébriquement reçu par le gaz lors de cette détente.
10. Déterminer la variation de l'énergie interne ΔU_2 du gaz lors de la détente. En déduire le transfert thermique Q_2 algébriquement reçu par le gaz. Effectuer les applications numériques.
11. Exprimer puis calculer la variation d'entropie ΔS_2 du gaz lors de cette détente.