

Série de TD n°02, Thermodynamique

Exercice 1

1. Dans un calorimètre adiabatique contenant initialement une masse $m_1 = 500$ g d'eau à la température $\theta_1 = 19^\circ\text{C}$. On introduit une masse $m_2 = 150$ g d'eau à la température $\theta_2 = 25,7^\circ\text{C}$. La température finale de l'ensemble à l'équilibre atteint alors $\theta_f = 20,5^\circ\text{C}$. Calculer la capacité calorifique du calorimètre, déduire la valeur en eau μ .
2. Dans le même calorimètre, on introduit un bloc de cuivre de masse $m_3 = 550$ g à la température $\theta_3 = 92^\circ\text{C}$, contenant préalablement une masse $m'_2 = 750$ g d'eau à $\theta_1 = 19^\circ\text{C}$, la température finale est $\theta_f = 23,5^\circ\text{C}$. Calculer la capacité calorifique massique du cuivre ?
3. Dans les mêmes conditions que la question précédente, si on remplaçait le cuivre par de l'aluminium, la température finale sera-t-elle inférieure ou supérieure à θ_f ? Expliquer sans calculer.

Données : $c_{(\text{H}_2\text{O})l} = 4185 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, $c_{\text{Al}} = 897 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Exercice 2

L'état initial d'une mole de gaz parfait est caractérisé $p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 14 \text{ L}$. On fait subir successivement à ce gaz les transformations réversibles suivantes :

- Une détente isobare qui double son volume ;
- Une compression isotherme qui le ramène à son volume initial ;
- Un refroidissement isochore qui le ramène à l'état initial.

1. Déterminer les paramètres p , V et T pour chaque état.
2. Représenter le cycle de transformation sur le diagramme de Clapeyron.
3. Calculer le travail W , la chaleur Q et la variation d'énergie interne ΔU correspondant à chaque transformation.

Données : $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$; $c_p = 29,09 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$, $c_v = 20,8 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

Exercice 3

En hiver et afin d'éviter le gel, on chauffe une serre contenant 812 g d'air (gaz supposé parfait) dont la température s'élève de 2°C à 16°C . Calculer :

1. La variation d'énergie interne de l'air au cours de cet échauffement ?
2. La quantité de chaleur reçue par le gaz, si ce dernier a fourni un travail de 846,4 joules.

Données : $M_{\text{air}} = 29 \text{ g/mol}$, $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; Rapport des chaleurs massiques de l'air $\gamma = C_p/C_v = 1,4$.

Exercice 4:

On introduit 3 moles de O_2 (gaz diatomique supposé parfait) dans un cylindre fermé par un piston mobile. L'état A est défini par $p_A = 1 \text{ atm}$; $T_A = 298 \text{ K}$.

- ✚ Le système est comprimé réversiblement et de façon isotherme en recevant un travail de 3500 cal (état B).
- ✚ Le système est réchauffé à pression constante jusqu'à la température $T_C = 450 \text{ K}$ (état C).
- ✚ On calorifuge le système et on lâche réversiblement le piston contre la pression atmosphérique (état D).
- ✚ Enfin à pression constante, on laisse le système revenir à la température ambiante ($T_A = 298 \text{ K}$).

1. Calculer les paramètres V , p et T pour chaque état.
2. Tracer, dans un diagramme de Clapeyron (p, V), ces 4 transformations
3. Calculer pour chaque étape du cycle et pour l'ensemble du cycle le travail et la chaleur échangés, la variation d'énergie interne U , la variation d'enthalpie ΔH .
4. Qu'appelle-t-on ce cycle ?

Données : $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} = 0,082 \text{ L}\cdot\text{atm}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$. $\gamma = 1,4$.

Exercice 5:

De l'azote gazeux, supposé parfait de masse $m = 280 \text{ g}$, subit deux transformations différentes non successives.

1. Il est d'abord comprimé réversiblement à température constante $t = 25^\circ\text{C}$, les pressions initiale et finale sont respectivement $p_i = 1 \text{ atm}$ et $p_f = 100 \text{ atm}$. Calculer le travail (W), la chaleur (Q), l'enthalpie ΔH et l'énergie interne (ΔU) de cette transformation.
2. Il est ensuite, comprimé réversiblement à partir de $t = 25^\circ\text{C}$ de $p_i = 1 \text{ atm}$ à $p_f = 100 \text{ atm}$. Cette transformation obéit à la loi de Laplace $PV^{1,4} = \text{constante}$. Calculer W , Q , ΔH et ΔU de cette transformation.
3. Représenter dans un même diagramme (p, V) ces deux transformations.

Données : $M(N_2) = 28 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ou $R = 0,082 \text{ L}\cdot\text{atm}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

TD Series N°02, Thermodynamics

Exercise 1

1. In an adiabatic calorimeter initially containing a mass $m_1 = 500$ g of water at temperature $\theta_1 = 19^\circ\text{C}$. A mass $m_2 = 150$ g of water is introduced at temperature $\theta_2 = 25.7^\circ\text{C}$. The final temperature of the assembly at equilibrium then reaches $\theta_f = 20.5^\circ\text{C}$. Calculate the heat capacity of the calorimeter, deduce the water value μ .
 2. In the same calorimeter, introduce a copper block with mass $m_3 = 550$ g at temperature $\theta_3 = 92^\circ\text{C}$, previously containing a mass $m' = 750$ g of water at $\theta_1 = 19^\circ\text{C}$, the final temperature is $\theta_f = 23.5^\circ\text{C}$. Calculate the mass heat capacity of copper?
 3. Under the same conditions as the previous question, if the copper were replaced by aluminum, will the final temperature be lower or higher than θ_f ? Explain without calculation.
- Data: $c_{(\text{H}_2\text{O})l} = 4185 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $c_{\text{Al}} = 897 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Exercise 2

The initial state of one mole of perfect gas is $p_1 = 2.10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 14 \text{ L}$. This gas is successively subjected to the following reversible transformations: Isobaric expansion, doubling its volume; Isothermal compression, returning it to its initial volume; isochoric cooling, returning it to its initial state.

1. Determine the parameters p , V and T for each state.
 2. Show the transformation cycle on the Clapeyron diagram.
 3. Calculate the work W , heat Q and change in internal energy ΔU corresponding to each transformation.
- Data: $R = 8.31 \text{ J/(mol.K)}$; $c_p = 29.09 \text{ J/(mol.K)}$, $c_v = 20.8 \text{ J/(mol.K)}$

Exercise 3

In winter, to prevent frost, a greenhouse containing 812 g of air (assumed to be a perfect gas) is heated from 2°C to 16°C . Calculate :

1. The change in internal energy of the air during this heating?
 2. The amount of heat received by the gas, if it has done 846.4 joules of work.
- Data: $M_{\text{air}} = 29 \text{ g/mol}$, $R = 8.31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$; Heat of mass ratio of air $\gamma = C_p / C_v = 1.4$.

Exercise 4:

3 moles of O_2 (a diatomic gas assumed to be perfect) are introduced into a cylinder closed by a movable piston. State A is defined by $p_A = 1 \text{ atm}$; $T_A = 298 \text{ K}$.

- The system is reversibly and isothermally compressed, receiving work of 3500 cal (state B).
 - The system is heated at constant pressure to temperature $T_C = 450 \text{ K}$ (state C).
 - The system is then insulated and the piston reversibly released against atmospheric pressure (state D).
 - Finally, at constant pressure, the system is allowed to return to room temperature ($T_A = 298 \text{ K}$).
1. Calculate the parameters V , p and T for each state.
 2. Plot these 4 transformations in a Clapeyron diagram (p, V).
 3. For each stage of the cycle and for the cycle as a whole, calculate the work and heat exchanged, the change in internal energy U , and the change in enthalpy ΔH .
 4. What is this cycle called?

Data: $R = 8.31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} = 0.082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$; $1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$. $\gamma = 1.4$.

Exercise 5:

Supposedly perfect nitrogen gas with mass $m = 280 \text{ g}$ undergoes two different, non-successive transformations.

1. First, it is reversibly compressed at constant temperature $t = 25^\circ\text{C}$, with initial and final pressures of $p_i = 1 \text{ atm}$ and $p_f = 100 \text{ atm}$ respectively. Calculate the work (W), heat (Q), enthalpy ΔH and internal energy (ΔU) of this transformation.
2. It is then reversibly compressed from $t = 25^\circ\text{C}$ from $p_i = 1 \text{ atm}$ to $p_f = 100 \text{ atm}$. This transformation obeys Laplace's law $PV^{1.4} = \text{constant}$. Calculate W , Q , ΔH and ΔU for this transformation.
3. Show these two transformations in the same (p, V) diagram. Data: $M(\text{N}_2) = 28 \text{ g.mol}^{-1}$, $R = 8.31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ or $R = 0.082 \text{ L. atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$