

Series N°2 of Thermodynamics

Exercise: 01

A certain mass of a perfect diatomic gas ($\gamma=1.4$) is placed in a cylinder closed by a piston. The walls of the cylinder and piston are insulated and assumed to be impermeable to heat. Under initial conditions, the volume occupied by the gas is $V_1=10L$, the pressure is $P_1=10^5$ Pascal and the temperature $T_1= 300K$.

I- 1) The gas is reversibly compressed to $P_2=10^6$ Pascal.

a- Calculate V_2 and T_2 .

b- Calculate the work W_{1-2} during the evolution.

2) The gas is now compressed from the same initial state (P_1, V_1, T_1), but by suddenly applying a pressure $P_2=10^6$ Pascal.

a- What can we say about the transformation?

b- Express the work W_{1-3} exchanged by the system.

c- Calculate the value of V_3, T_3 and W_{1-3} at the end of the evolution. Compare these results with those in question (1) and graph them.

II- Assuming that the thermal insulation surrounding the cylinder is removed, the walls become permeable to heat. Starting from the same initial state (P_1, V_1, T_1), an isothermal compression from pressure P_1 to pressure P_2 is performed.

1) In each of the following cases, calculate V_2 and W :

a- Reversible isothermal compression

b- Irreversible isothermal compression

2) Show the transformations graphically.

Exercice : 01

On dispose dans un cylindre fermé par un piston une certaine masse d'un gaz parfait diatomique ($\gamma=1,4$). Les parois du cylindre et du piston sont isolées et supposées imperméables à la chaleur. Dans les conditions initiales, le volume occupé par le gaz est $V_1=10L$, la pression est $P_1=10^5$ Pascal et la température $T_1= 300K$.

I- 1) On comprime ce gaz de manière réversible jusqu'à $P_2=10^6$ Pascal.

a- Calculer V_2 et T_2 .

b- Calculer le travail W_{1-2} au cours de l'évolution.

2) On comprime maintenant le gaz en partant du même état initial (P_1, V_1, T_1) mais en appliquant brutalement une pression $P_2=10^6$ Pascal.

a- Que peut-on dire de la transformation ?

b- Exprimer le travail W_{1-3} échangé par le système.

c- Calculer la valeur de V_3, T_3 et W_{1-3} en fin d'évolution. Comparer ces résultats à ceux de la question (1) et représenter les graphiquement.

II- On suppose que l'on retire l'isolant thermique qui entourait le cylindre, les parois deviennent perméables à la chaleur. En partant du même état initial (P_1, V_1, T_1) on réalise une compression isotherme de la pression P_1 à la pression P_2 .

1) Dans chacun des cas suivants calculer V_2 et W :

a- Compression isotherme réversible

b- Compression isotherme irréversible

2) Représenter graphiquement les transformations.

Exercise 02:

1- A calorimeter contains 100g of water at 18°C. We pour in 80g of water at 60°C. What would be the equilibrium temperature if the heat capacity of the calorimeter and its accessories were negligible?

2- The equilibrium temperature is in fact 35.9°C. Calculate the heat capacity of the calorimeter and its accessories. Deduce the mass of water μ equivalent to the calorimeter.

3- Consider again the calorimeter containing 100 g of water at 18°C. A piece of copper of mass 20 g, initially placed in boiling water, is immersed in the calorimeter. The equilibrium temperature is 19.4°C. Calculate the mass heat capacity of the copper.

4- The initial state is still the same: in the calorimeter containing 100 g of water at 18°C, an ice cube of mass 25 g is introduced at a temperature of -25°C from a freezer. What is the equilibrium temperature?

We give: $C_p(\text{H}_2\text{O})_l = 4.18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\text{K}^{-1}$, $C_p(\text{H}_2\text{O})_g = 2.1 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\text{K}^{-1}$ and $L_{\text{fus}}(\text{ice}) = 334 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$.

Exercise 02 :

1- Un calorimètre contient 100g d'eau à 18°C. On y verse 80 g d'eau à 60°C. Quelle serait la température d'équilibre si la capacité calorifique du calorimètre et de ses accessoires était négligeable

2- La température d'équilibre est en fait 35,9°C. Calculer la valeur de la capacité calorifique du calorimètre et de ses accessoires. En déduire la masse en eau μ équivalente au calorimètre.

3- On considère de nouveau le calorimètre qui contient 100 g d'eau à 18°C. On y plonge un morceau de cuivre de masse 20 g initialement placé dans l'eau en ébullition. La température d'équilibre s'établit à 19,4°C. Calculer la capacité thermique massique du cuivre.

4- L'état initial étant encore le même : dans le calorimètre contenant 100 g d'eau à 18°C, on y introduit un glaçon de masse 25 g à la température de -25°C provenant d'un congélateur. Quelle est la température d'équilibre ?

On donne : $C_p(\text{H}_2\text{O})_l = 4,18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\text{K}^{-1}$, $C_p(\text{H}_2\text{O})_g = 2,1 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\text{K}^{-1}$ et $L_{\text{fus}}(\text{glace}) = 334 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$

Exercise 03:

A piece of ice of mass $m = 500\text{g}$, taken at -10°C, receives a quantity of heat $Q = 175\text{J/s}$, according to the diagram in figure 1. Knowing that the pressure is kept constant and that heat losses are negligible:

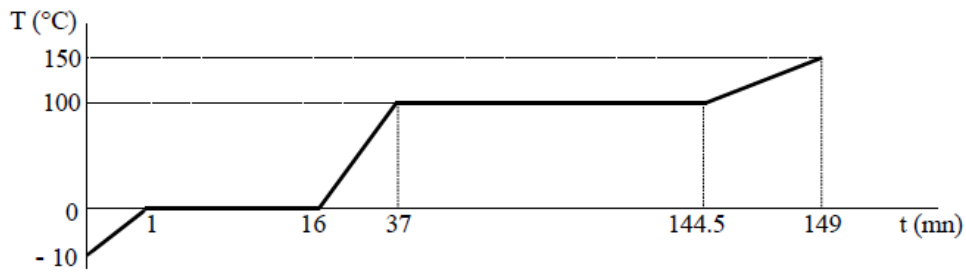


Figure 1

- 1) Describe the different phases
- 2) Evaluate the latent heats of phase change
- 3) Evaluate the heats of mass of each phase and the molar heat of water vapor.

Exercice 03 :

Un morceau de glace de masse $m = 500\text{g}$, pris à -10 °C , reçoit une quantité de chaleur $Q = 175\text{J/s}$, selon le diagramme de la figure 1. Sachant que la pression est maintenue constante et que les pertes thermiques sont négligeables :

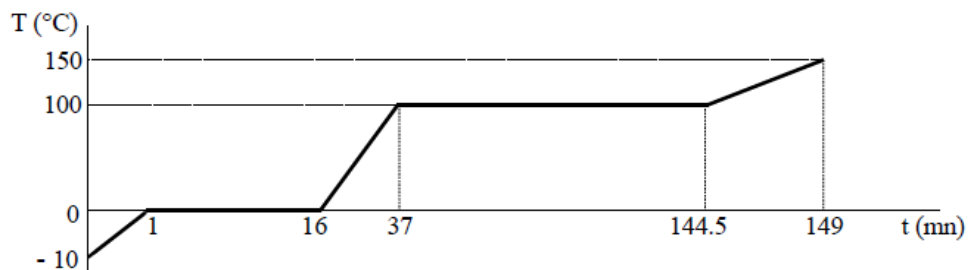


Figure 1

- 1) Décrire les différentes phases
- 2) Evaluer les chaleurs latentes de changement de phase
- 3) Evaluer les chaleurs massiques de chacune des phases ainsi que la chaleur molaire de la vapeur d'eau.

Exercise 4:

A mole of perfect gas undergoes the following reversible transformations:

- State (1) → state (2): Adiabatic compression.
- State (2) → state (3): Isobaric expansion.
- State (3) → state (4): Adiabatic expansion.
- State (4) → state (1): Isochoric cooling.

I- Determine the literal expressions of P_2 , P_3 and P_4 as a function of a , b , γ and P_1 .

a- Determine the literal expressions of V_2 , V_3 and V_4 as a function of a , b , γ and V_1 .

b- Complete Table 1 below:

Table1 :

Etat	P(atm)	V(litres)	T(K)
1			
2			
3			
4			

c- Draw the cycle on the diagram (P, V).

II-a- Give the literal expressions for Q , w , ΔU and ΔH involved in the various transformations.

b- Complete Table 2 below.

Table 2:

Etat	Q	W	ΔU	ΔH
1→2				
2→3				
3→4				
4→1				

c- Check the cycle's energy balance.

d- Give the expression for the efficiency R and its value.

Given: $\gamma = 1.4$; $a = V_1/V_2 = 9$; $b = V_4/V_3 = 3$ and $R = 8.31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Exercise 4:

Une mole de gaz parfait subit les transformations réversibles suivantes :

- Etat (1) → état (2) : Compression adiabatique.
- Etat (2) → état (3) : Dilatation isobare.
- Etat (3) → état (4) : Détente adiabatique.
- Etat (4) → état (1) : Refroidissement isochore.

I- Déterminer les expressions littérales de P_2 , P_3 et P_4 en fonction de a , b , γ et P_1 .

a- Déterminer les expressions littérales de V_2 , V_3 et V_4 en fonction de a , b , γ et V_1 .

b- Compléter le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1 :

Etat	P(atm)	V(litres)	T(K)
1			
2			
3			
4			

c- Tracer le cycle sur le diagramme (P, V).

II-a- Donner les expressions littérales de Q, w, ΔU et ΔH mis en jeu au cours des différentes transformations.

b- Compléter le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 :

Etat	Q	W	ΔU	ΔH
1→2				
2→3				
3→4				
4→1				

c- Vérifier le bilan énergétique du cycle.

d- Donner l'expression du rendement R et sa valeur.

On donne : $\gamma = 1,4$; $a = V_1/V_2 = 9$; $b = V_4/V_3 = 3$ et $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Exercise 5:

A mole of perfect gas undergoes the following reversible transformations:

- State (1) → state (2): Adiabatic compression.
- State (2) → state (3): Isobaric heating.
- State (3) → state (4): Adiabatic expansion.
- State (4) → state (1): Isochoric cooling.

1. Calculate $V_1, P_2, V_2, T_2, P_3, V_3, T_3, V_4, P_4$ and T_4 .
2. Calculate Q, W, ΔU and ΔH for each transformation and for the cycle.
3. Show the Clapeyron diagram for this transformation cycle.

Given: $P_1 = 1 \text{ atm}$; $T_1 = 298 \text{ K}$; $\gamma = 1.4$; $V_1 = 9 V_2$; $V_4 = 3 V_3$; $R = 0.082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} = 8.314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Exercice 5:

Une mole de gaz parfait subit les transformations réversibles suivantes :

- Etat (1) \rightarrow état (2) : Compression adiabatique.
 - Etat (2) \rightarrow état (3) : Chauffage isobare.
 - Etat (3) \rightarrow état (4) : Détente adiabatique.
 - Etat (4) \rightarrow état (1) : Refroidissement isochore.
1. Calculer $V_1, P_2, V_2, T_2, P_3, V_3, T_3, V_4, P_4$ et T_4 .
 2. Calculer $Q, W, \Delta U$ et ΔH pour chaque transformation et pour le cycle.
 3. Représenter le diagramme de Clapeyron pour ce cycle de transformation

On donne : $P_1 = 1 \text{ atm}$; $T_1 = 298 \text{ K}$; $\gamma = 1,4$; $V_1 = 9 V_2$; $V_4 = 3 V_3$;
 $= 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

R