1

Le premier principe

Exercice 1

Système : l'astéroïde et le lac

1. Elevation de la température

Transformation : la perte d'énergie cinétique de l'astéroï-de induit une élévation de la température du lac.

1° Principe : $\Delta E + \Delta U = W$

- Variation de U : $\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{lac}$ additivité

Or le bolide n'a pas de variation d'énergie interne

$\Delta U_a = 0\,J$

- Variation de E : $\Delta E = \Delta Ec_a = -\frac{1}{2} m_a v^2$
- le travail à Pression extérieure constante : $W = -P_{atm} \Delta V_l$

. D'où $\Delta U_{lac} + P_{atm} \Delta V_l = U_{FL} + PV_{LI} - (U_{IL} - PV_{LF})$
$= \Delta H_{lac}$

ainsi $\Delta H_{lac} = \frac{1}{2} m_a v^2$

Modèle du fluide incompressible $\Delta H_{lac} = m_{eau} c_{eau} \Delta T$

Ainsi $\boxed{\Delta T = \frac{m_a v^2}{2 m_{eau} c_{eau}} = \frac{2\pi}{3} \frac{\rho R^3 v^2}{\rho_{eau} h S c_{eau}} = 7°C}$

2. Rayon pour une évaporation

On a toujours $\Delta H_{lac} = \frac{1}{2} m v_b^2 = \frac{2\pi R^3}{3} \rho v^2$

On décompose la transformation pour le lac de la façon suivante : EI 10°C $\xrightarrow{①}$ 100°C $\xrightarrow{②}$ EF 100°C

EI		EF
Patm	Patm	Patm
liq	liq	vap

L'enthalpie étant une fonction d'état on aura la même variation.

① Echauffement isobare du fluide $\Delta H_1 = m_{eau} c_{eau} (T_F - T_1)$

② Changement d'état isobare $\Delta H_2 = m_{eau} \Delta_{vap} h$

on a donc $\boxed{R = \left[\frac{3 \rho_{eau} S h}{2\pi \rho v^2} \left(c_{eau} \Delta T' + \frac{L}{\eta} \right)\right]^{1/3} = 448\,m}$

Exercice 2

Systeme : { plomb; eau ; calorimètre }

Transformation : EI $\quad$ Pb m_1 θ_1 $\quad \xrightarrow[P_{ext} = cst]{}$ EF Pb

Calorimetre θ_2 $\quad$ Calorimetre $\Big\} \theta_e$

eau m_2 θ_2 $\quad$ eau

Transformation adiabatique : $Q = 0J$

Monobare $Q = \Delta H = 0\,J$

Additivite de H : $\Delta H = \Delta H_{Pb} + \Delta H_C + \Delta H_e = 0J$

Fluide incompressible et phases condensées :

$$0 = m_2 c_e(\theta_e - \theta_2) + C(\theta_e - \theta_2) + m_1 c_{Pb}(\theta_e - \theta_1)$$

$$\boxed{c_{Pb} = \frac{(\theta_2 - \theta_e)[m_2 c_e + C]}{m_1(\theta_e - \theta_1)} = 126\ J.K^{-1}kg^{-1}}$$

Exercice 3

Systeme : GP

Equation d'état : $PV = nRT$

1. Transformation isochore

Equation d'état : $\frac{V_A}{nR} = \frac{T_A}{P_A} = \frac{T_B}{P_B}$

or $P_B = 2P_A$ $\boxed{T_B = 2T_A}$

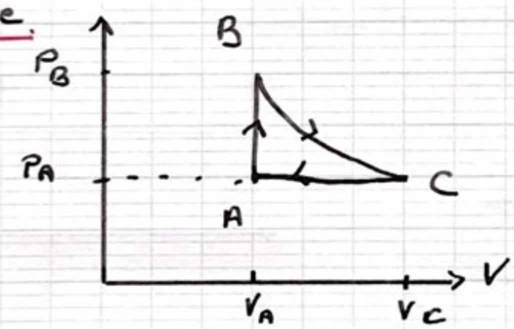
2. Transformation isotherme

Equation d'état $nRT_B = P_C V_C = P_B V_B$

or $P_C = P_A = \frac{P_B}{2}$ et $V_B = V_A$ $\boxed{V_C = 2V_B}$

3. Transformation isobare

3. a Cycle



3 b. Le travail

- AB Isochore $W_1 = 0J$
- BC Isotherme

$\delta W = -P_{ext} dV$

Mecaniquement reversible $\delta W = -PdV$ (on a tracé Pe cycle)

Equation d'état $\delta W = -nRT\frac{dV}{V}$

Isotherme $W_2 = -nRT_B \ln \frac{V_C}{V_B}$

Equation d'état $W_2 = -2P_A V_A \ln 2$

- CA Isobare $P_{ext} = P_A$ $W_3 = -P_A(V_A - V_C) = P_A V_A$

Bilan $\boxed{W_T = P_A V_A (1 - 2\ln 2) = -0,38 P_A V_A < 0}$

Conforme au sens de parcours du cycle

Exercice 4

Systeme : le gaz parfait

Equation d'etat : $PV = nRT$

Transformation : EI P_0 T_0 V_0 $\longrightarrow$ EF $T_1 = T_0 + \Delta T$

a. à Volume constant

Isochore $W = 0\,J$

1° Principe $\Delta U = W + Q_v = W$

1° loi de Joule $\Delta U = Q_v = n c_v \Delta T = \dfrac{nR}{\gamma - 1} \Delta T$

Equation d'etat $\boxed{Q_v = \dfrac{P_0 V_0}{\gamma - 1} \dfrac{\Delta T}{T_0} = 0{,}92\,J}$

---

b. à pression constante

A pression constante $Q_p = \Delta H$

2° loi de Joule $Q_p = \Delta H = n c_p \Delta T = \dfrac{\gamma n R \Delta T}{\gamma - 1}$

Equation d'état $\boxed{Q_p = \dfrac{\gamma P_0 V_0}{\gamma - 1} \dfrac{\Delta T}{T_0} = 1{,}3\,J}$

Exercice 5

Système : GP

Équation d'état : $PV = nRT$

Transformation : adiabatique

1. Transformation reversible

• Les paramètres à l'état final

• Transformation adiabatique reversible pour un gaz parfait
loi de Laplace $\quad P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$

$$\Rightarrow \boxed{P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = 1{,}29\,\text{Atm}} \quad \text{avec } \gamma = \frac{C_P}{C_P - R} = 1{,}4$$

• Equation d'etat $\quad \boxed{T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} T_1 = 193\,K}$

Les échanges énergetiques

1° Principe $\quad \Delta U = W + Q$

Adiabatique $\quad Q = 0\,J$

1° loi de Joule $\quad \Delta U = W = n\,c_V\,(T_2 - T_1)$

Loi de Meyer $\quad \Delta U = W = n\,(C_P - R)(T_2 - T_1)$

equation d'etat $\quad \boxed{\Delta U = W = \frac{P_1 V_1}{RT_1}(C_P - R)(T_2 - T_1) = -540\,J}$

2° loi de Joule $\quad \Delta H = n\,c_P\,(T_2 - T_1)$

Equation d'etat $\quad \boxed{\Delta H = \frac{P_1 V_1}{RT_1} C_P (T_2 - T_1) = -754\,J}$

2. Transformation irreversible

On ne peut plus utiliser les lois de Laplace.

Transformation monobare : $\quad W = -P_e\,(V_2 - V_1)$

Adiabatique : $Q = 0\,J$

1° Principe $\quad \Delta U = W + Q$

Comme au 1° on a $\quad \Delta U = \frac{P_1 V_1}{RT_1}(C_P - R)(T_2' - T_1)$

d'où $\quad \frac{P_1 V_1}{RT_1}(C_P - R)(T_2' - T_1) = P_e\,(V_1 - V_2)$

Ainsi $\boxed{T_2' = T_1 + \frac{P_e R T_1}{P_1 V_1 (C_p - R)} (V_1 - V_2) = 260 K}$

Equation d'état : $\boxed{P_2' = \frac{P_1 V_1}{T_1} \cdot \frac{T_2'}{V_2} = 1,73 K}$

Il suffit de reporter les valeurs

$$\boxed{\Delta U = W = \frac{P_1 V_1}{R T_1} (C_p - R)(T_2' - T_1) = -202 J}$$

$$\boxed{\Delta H = \frac{P_1 V_1}{R T_1} c_p (T_2' - T_1) = -282 J}$$

Exercice 6

Systeme : le gaz parfait

Equation d'etat : $PV = nRT$

1. Transformations successives.

E_0 $P_0 = 1\,Atm$ $\xrightarrow{V = cst}$ E_1 $P_1 = 1{,}37\,Atm$ $\xrightarrow{T = cst}$ E_2 $P_2 = P_0$

$V_0 = 10{,}0\,\ell$ $V_1 = V_0$ $V_2 = 13{,}7\,\ell$

$\theta_0^\circ = 0°C$ $\theta_1 = 100°C$ $\theta_2 = \theta_1$

Les differents parametres

$E_0 \rightarrow E_1$ $V = cst$ $\frac{nR}{V} = \frac{P_0}{T_0} = \frac{P_1}{T_1} \Rightarrow P_1 = \frac{P_0 T_1}{T_0}$

Dans l'etat 2 on retrouve un equilibre mecanique $P_2 = P_0$

$E_1 \rightarrow E_2$ $T = cst$ $nRT = P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 V_0}{P_0}$.

Le travail

$E_0 \rightarrow E_1$ Isochore $W_{11} = 0\,J$

$E_1 \rightarrow E_2$ Isotherme mecaniquement reversible

$\delta W = - P_{ext}\, dV$

reversible $\delta W = - P dV$

equation d'etat $\delta W = - nRT \frac{dV}{V}$

Isotherme $W_{12} = - nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$

Equation d'etat $\boxed{\boxed{W_{12} = - P_1 V_1 \ln \frac{P_1}{P_2} = - 431\,J} = W_1}$

Transfert thermique

$E_0 \rightarrow E_1$ Isochore

1° Principe $\Delta U = Q_{11}$

1° loi de Joule $Q_{11} = n c_v (T_1 - T_0)$

loi de Meyer et equation d'etat $Q_{11} = \frac{P_0 V_0}{R T_0}(C_p - R)(T_1 - T_0)$

$= 894\,J$

$E_1 \rightarrow E_2$ Isotherme

1° loi de Joule $\Delta U = 0 J$

1° Principe $Q_{12} + W_{12} = 0 J \Rightarrow Q_{12} = 431 J$

D'où $\boxed{Q_1 = Q_{11} + Q_{12} = 1,32 kJ}$

Energie interne

Methode 1 : 1° Principe $\boxed{\Delta U_1 = Q_1 + W_1 = 894 J}$

Methode 2 : 1° loi de joule $\Delta U_1 = n c_v (T_2 - T_0)$

Loi de Meyer et equation d'état $\boxed{\Delta U_1 = \frac{P_0 V_0}{R T_0}(c_p - R)(T_2 - T_0) = 894 J}$

. Enthalpie

2° loi de Joule $\Delta H_1 = n c_p (T_2 - T_0)$

Equation d'état $\boxed{\Delta H_1 = \frac{P_0 V_0}{R T_0} c_p (T_2 - T_0) = 1,26 kJ}$

---

2. Transformation unique

L'evolution est lente, elle est mecaniquement reversible à chaque instant $P = P_{ext} = P_0$

On a donc $E_0 (P_0, T_0, V_0) \longrightarrow E_f (P_0, V_2, T_2)$

L'energie interne et l'enthalpie étant des fonctions d'état on a la même variation

$\boxed{\Delta U_2 = \Delta U_1 = 894 J}$

$\boxed{\Delta H_2 = \Delta H_1 = 1,26 kJ}$

. Le travail

Transformation monobare : $\boxed{W_2 = -P_{ext}(V_2 - V_0) = -370 J}$

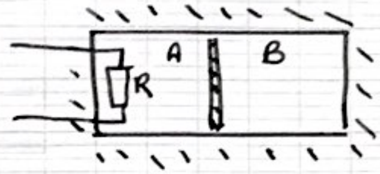
. Le transfert thermique

Methode 1 : Premier principe $\boxed{Q_2 = \Delta U_2 - W_2 = 1,26 kJ}$

Methode 2 : Monobare $\boxed{Q_2 = \Delta H_2 = 1,26 kJ}$

Exercice 7

Systeme : le gaz A et B



Analyse :

. Enceinte adiabatique et piston adiabatique se deplaçant sans perte (frottement) $\Rightarrow Q = 0J$

. Enceinte rigide : $2V_0 = \text{constante} = V_A + V_B \Rightarrow W = 0J$

. La resistance reçoit une energie electrique qu'elle cede au gaz A par effet Joule : W_{el}

. Etat final le piston est à l'equilibre $P_A = P_B = 2P_0$

1er Principe : $\Delta U = Q + W + W_{el} = W_{el}$

Additivite de U : $\Delta U = \Delta U_A + \Delta U_B = W_{el}$

1re loi de Joule $\frac{R}{\gamma - 1}(T_A + T_B - 2T_0) = W_{el}$

Equation d'etat $\frac{P_A V_A + P_B V_B - 2RT_0}{\gamma - 1} = W_{el}$

or $P_A = P_B = 2P_0$ et $V_A + V_B = 2V_0 \Rightarrow 2P_0(V_A + V_B) = 4P_0V_0$

equation d'etat $4P_0V_0 = 4RT_0$

d'où $\boxed{W_{el} = \frac{2RT_0}{\gamma - 1}}$

Remarque : si on veut les parametres à l'etat final.

B : Transformation adiabatique pour un gaz parfait

Loi de Laplace $P_0 V_0^{\gamma} = P_B V_B^{\gamma}$

avec $P_B = 2P_0$ $\quad V_B = V_0 . 2^{-1/\gamma}$

Equation d'etat $T_B = \frac{2P_0V_0 2^{-1/\gamma}}{R} = \frac{P_0V_0}{R} 2^{\frac{\gamma+1}{\gamma}}$

A Volume total constant $V_A = V_0 - V_B = V_0(1 - 2^{-1/\gamma})$

Equation d'etat $T_A = \frac{2P_0 V_0 (1 - 2^{-1/\gamma})}{R}$

Exercice 8

Systeme : eau + glace

Equation d'etat : Phase condensée $V = cst$

Transformation : EI Eau m_0 θ_0 $\longrightarrow$ EF $m_1 + m_0$ θ_F

Glace m_1 θ_1

Adiabatique $Q = 0J$

Monobare : $Q = \Delta H = 0J$

Additivite de H : $\Delta H = \Delta H_e + \Delta H_g$

Phase condensée $\Delta H_e = m_0 c(\theta_F - \theta_0)$

Pour la glace, H etant une fonction d'etat on decompose la transformation :

EI Glace $m_1, \theta_1 \longrightarrow$ E1 eau $m_1, \theta_1 \longrightarrow$ EF m_1, θ_F

D'où $\Delta H_g = m_1 \Delta_{fus} H + m_1 c(\theta_F - \theta_1)$

D'où $\boxed{\Delta_{fus} H = -\frac{m_0 c}{m_1}(\theta_F - \theta_0) - c(\theta_F - \theta_1)}$

$\Delta_{fus} H = 318 \ J/g$