

Série 1 : premier principe de la thermodynamique

Questions d'applications :

1/

$$PV = nRT$$

2/l'énergie interne d'un gaz parfait :

$$dU = n\tilde{C}_V dT$$

3/l'enthalpie d'un gaz parfait :

$$dH = n\tilde{C}_p dT$$

4/la relation entre dU et dH :

$$dH = n\tilde{C}_p dT$$

$$dU = n\tilde{C}_V dT$$

$$\tilde{C}_p - \tilde{C}_V = R$$

$$\Rightarrow dH = n(\tilde{C}_V + R)dT = n\tilde{C}_V dT + nRdT, PV = nRT$$

$$dH = n\tilde{C}_V dT + d(PV), d(PV) = nRdT$$

$$dH = dU + d(PV)$$

$$dH = d(U + PV)$$

5/ l'expression de R en fonction Cv et Cp :

$$dH = n\tilde{C}_p dT$$

$$dU = n\tilde{C}_V dT$$

$$dH = d(U + PV) = dU + d(PV)$$

$$dH = n\tilde{C}_V dT + nRdT$$

$$dH = n(\tilde{C}_V + R)dT$$

$$dH = n\tilde{C}_p dT$$

$$\Rightarrow \tilde{C}_p = \tilde{C}_V + R$$

6/ l'expression de gamma :

$$\gamma = \frac{\tilde{C}_p}{\tilde{C}_V}$$

7/l'expression de C_v :

$$\begin{aligned}\tilde{C}_p - \tilde{C}_v &= R \\ \gamma &= \frac{\tilde{C}_p}{\tilde{C}_v} \Rightarrow \tilde{C}_p = \gamma \tilde{C}_v \\ \gamma \tilde{C}_v - \tilde{C}_p &= R \Rightarrow \tilde{C}_v = \frac{R}{\gamma - 1}\end{aligned}$$

8/l'expression de C_p :

$$\begin{aligned}\tilde{C}_p - \tilde{C}_v &= R \\ \gamma &= \frac{\tilde{C}_p}{\tilde{C}_v} \Rightarrow \tilde{C}_v = \frac{\tilde{C}_p}{\gamma} \\ \tilde{C}_p \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) &= R \Rightarrow \tilde{C}_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}\end{aligned}$$

9/ la loi de Laplace entre P et V (transformation isentropique) :

D'après le premier principe de la thermodynamique :

$$dU = \delta w + \delta Q \Rightarrow dU = \delta w$$

$$n\tilde{C}_v dT = -PdV$$

$$\frac{nR}{\gamma - 1} dT = -PdV$$

$$PV = nRT \Rightarrow PdV + VdP = nRdT$$

$$\frac{nR}{\gamma - 1} \frac{1}{nR} (PdV + VdP) = -PdV$$

$$PdV + VdP = (1 - \gamma)PdV$$

$$VdP = -\gamma PdV$$

$$\frac{dP}{P} = -\gamma \frac{dV}{V}$$

$$\int \frac{dP}{P} = -\gamma \int \frac{dV}{V}$$

$$\ln(P) + C_1 = -\gamma \ln(V) + C_2$$

$$\ln(P) + \ln(V^\gamma) = C$$

$$\ln(PV^\gamma) = C$$

$$PV^\gamma = e^C = cte$$

10/ la loi de Laplace entre T et V :

$$PV^\gamma = cte \quad \text{et} \quad PV = nRT$$

$$P = \frac{nRT}{V}$$

$$\Rightarrow nRTV^{-1}V^\gamma = cte$$

$$TV^{\gamma-1} = cte$$

11/ la loi de Laplace entre P et T :

$$PV^\gamma = cte \quad \text{et} \quad PV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$\Rightarrow Pn^\gamma R^\gamma T^\gamma P^{-\gamma} = cte$$

$$T^\gamma P^{1-\gamma} = cte$$

12/ l'expression du travail d'une transformation isotherme :

$$\delta w = -PdV$$

$$W_{12} = - \int_{V_1}^{V_2} nRT \frac{dV}{V}$$

$$W_{12} = -nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

13/ l'expression de la chaleur d'une transformation isotherme :

transformation isotherme: $dU = 0$

$$dU = W + Q$$

$$\Rightarrow Q = -W = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

14/ l'expression du travail d'une transformation adiabatique :

transformation adiabatique: $Q = 0$

$$dU = W + Q$$

$$\Rightarrow W_{12} = dU_{12} = n\tilde{C}_v(T_2 - T_1)$$

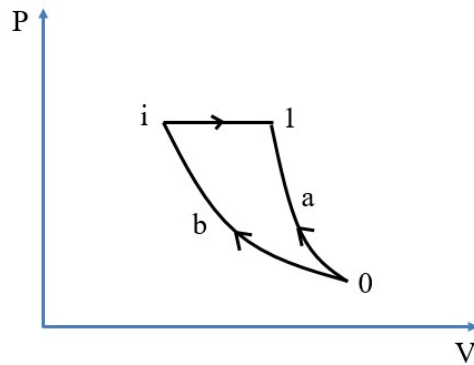
15/ l'expression de l'énergie interne d'une transformation adiabatique :

$$dU_{12} = n\tilde{C}_v(T_2 - T_1)$$

Quel que soit le type de la transformation (1 ---> 2).

Exercice 1 :

1/ Diagramme P-V :



2/calcul de V_0 :

A l'état 0, on connaît P_0 et T_0 et n .

En utilisant la loi des gaz parfait :

$$P_0 V_0 = n R_0 T_0$$

$$\Rightarrow V_0 = 2,24 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

Calcul de V_0 :

$$P_0 V_0^\gamma = P_1 V_1^\gamma \Rightarrow V_1 = V_0 \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{1/\gamma}$$

$$\Rightarrow V_1 = 4,32 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Calcul de T_1 :

$$P_1 V_1 = n R_1 T_1$$

$$\Rightarrow T_1 = 526,35 \text{ K}$$

3/ calcul de W_a :

a est une transformation adiabatique réversible

$$\Delta U_a = W_a + Q_a$$

$$\Rightarrow W_a = \Delta U_a = n \tilde{C}_V (T_1 - T_0)$$

$$\Rightarrow W_a = 5266,08 \text{ J}$$

Calcul de W_b :

$$W_b = W_{0i} + W_{i1}$$

$$W_{0i} = -\int_0^i P_{\text{ext}} dV = -\int_0^i P dV \quad (\text{transformation réversible})$$

$$0 \rightarrow i : \text{isotherme} \Rightarrow T = \text{cte} \Rightarrow PV = \text{cte}$$

$$P_0 V_0 = P_i V_i \Rightarrow nRT_0 = nRT_i \Rightarrow T_0 = T_i$$

$$W_{0i} = -\int_0^i \frac{\text{cte}}{V} dV = -P_0 V_0 \int_{V_0}^{V_i} \frac{1}{V} dV$$

$$W_{0i} = -P_0 V_0 \ln\left(\frac{V_i}{V_0}\right)$$

$$W_{0i} = 5224,84J$$

$$i \rightarrow 1 : \text{isobare réversible} \Rightarrow P_{\text{ext}} = P$$

$$W_{i1} = -\int_i^1 P dV = -P_1 (V_1 - V_i) = -2107J$$

$$\Rightarrow W_b = W_{0i} + W_{i1} = 3117,8J$$

Calcul de Q_a :

$Q_a = 0$: la transformation est adiabatique.

Calcul de Q_b :

$$\Delta U_b = W_b + Q_b$$

$$\Rightarrow Q_b = \Delta U_b - W_b = n\tilde{C}_v (T_1 - T_0) - W_b$$

$$\Delta U_b = 5266,08J$$

$$\Rightarrow Q_b = 2148,28J$$

Exercice 2 :

1/ Calcul de la capacité calorifique C_v :

$$n = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = 0,4 \text{ mole}$$

$$C_v = n\tilde{C}_v = \frac{nR}{\gamma - 1} = 8,314J.K^{-1}$$

2/

a/ Il faut augmenter la pression par petit pas pour réaliser une transformation quasi-statique.

La pression extérieure doit rester égale à la pression du système.

b/ Calcul de V_2 :

La transformation est adiabatique et réversible.

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1/\gamma}$$

$$V_2 = 1,93 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Calcul de T_2 :

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR}$$

$$\Rightarrow T_2 = 580,34 \text{ K}$$

c/ Calcul de travail W_{12} :

$$\Delta U_{12} = W_{12} + Q_{12}$$

Avec $Q_{12}=0$ car la transformation est adiabatique.

$$\Rightarrow W_{12} = \Delta U_{12}$$

$$W_{12} = C_v (T_2 - T_1)$$

$$W_{12} = 2330,8 \text{ J}$$

3/

a/ on applique brutalement une pression $P_2=10^6 \text{ Pa}$, ce qui implique que la transformation n'est pas lente, donc elle est irréversible.

b/ Expression de W_{13} :

$$\delta w = -P_{\text{ext}} dV$$

$$\Rightarrow W_{13} = -\int_1^3 P_{\text{ext}} dV$$

$$W_{12} = -P_{\text{ext}} (V_3 - V_1)$$

$$W_{12}$$

Méthode 2/

$$\begin{aligned}\Delta U_{13} &= W_{13} + Q_{13} \\ Q_{13} &= 0 \\ \Rightarrow W_{13} &= \Delta U_{13} \\ \Rightarrow W_{13} &= C_v(T_3 - T_1)\end{aligned}$$

c/ Calcul de T_3 :

on a :

$$W_{13} = C_v(T_3 - T_1) = -P_{ext}(V_3 - V_1) \quad (1)$$

$$LGP: P_3 V_3 = nRT_3 \Rightarrow V_3 = \frac{nRT_3}{P_3}$$

on remplace dans (1), on obtient :

$$C_v(T_3 - T_1) = -P_2 \left(\frac{nRT_3}{P_3} - V_1 \right)$$

$$\Rightarrow T_3 = \frac{C_v T_1 + P_2 V_1}{C_v + nR}$$

$$\Rightarrow T_3 = 1073,42K$$

Calcul de V_3 :

$$V_3 = \frac{nRT_3}{P_3}$$

$$\Rightarrow V_3 = 3,57 \times 10^{-3} m^3$$

Calcul de W_{13} :

$$W_{13} = C_v(T_3 - T_1)$$

$$\Rightarrow W_{13} = 6430J$$

d/ Comme dans toute transformation irréversible le travail est plus important. Ici le système étant adiabatique l'excès de l'énergie ne peut se dissiper et la température augmente.

4/

$$dH = C_p dT \quad , H = U + PV$$

$$dH = dU + dPV$$

$$dH = dU + PdV + VdP$$

$$dH = dU - \delta w + VdP$$

$$\Rightarrow dH = \delta Q + VdP$$

$$\text{donc : } \delta Q = dH - VdP$$

$$\Rightarrow Q_{32} = \Delta H_{32} - \int_3^2 VdP$$

$$\text{avec : } \Delta H_{32} = n\tilde{C}_p (T_2 - T_3)$$

$$\Rightarrow Q_{32} = n\tilde{C}_p (T_2 - T_3)$$

$$\Rightarrow Q_{32} = -5739,25J$$

Exercice 3 :

1. Calcul de V_A :

On a d'après la loi des gaz parfait : $PV = nRT$

$$P_A V_A = nRT_A \Rightarrow V_A = nRT_A / P_A$$

$$\text{A.N : } V_A = 0.025m^3$$

On la transformation CA est une transformation isochore :

$$\text{Donc } V_A = V_C = 0.025m^3$$

2. On a d'après la loi des gaz parfaits : $PV = nRT$

$$P_B V_B = nRT_B \Rightarrow V_B = nRT_B / P_B$$

$$\text{A.N : } V_B = 0.005m^3$$

3. A l'état C on connait : P_C, V_C et T_C

$$\text{Donc : } T_C = P_C V_C / nR$$

$$\text{A.N : } T_C = 1503.48K$$

4. On a : $C_V = nc_v$

Et $c_v = R/(\delta - 1)$ avec : $\delta = 5/3$

Donc $C_V = nR/(\delta - 1)$

A.N : $C_V = 12.471 \text{ J/K}$

5. On sait que $\Delta U_{AB} = C_V(T_B - T_A)$

Et on a d'après les données de l'exercice : $T_A = T_B$

Donc $\Delta U_{AB} = 0$

6. On a $\partial w = -P_{ext}dV$

Donc $W_{AB} = -\int_A^B P_{ext}dV$

On a toutes les transformations sont irréversibles : $P_{ext} = P$

Alors : $W_{AB} = -\int_A^B PdV$

La transformation AB est isotherme: $T_A = T_B$

Donc d'après la loi des gaz parfait :

$$W_{AB} = -nRT_B \int_{V_A}^{V_B} \frac{dV}{V}$$

$$\Rightarrow W_{AB} = -nRT_B (\ln(V_B) - \ln(V_A))$$

A.N : $W_{AB} = 4027.64 \text{ J}$

7. D'après le premier principe de la thermodynamique : $\Delta U = W + Q$

Dans ce cas $\Delta U_{AB} = 0$ donc $Q_{AB} = -W_{AB}$

A.N : $Q_{AB} = -4027.64 \text{ J}$

8. On a $\Delta U_{BC} = C_V(T_C - T_B)$

A.N : $\Delta U_{BC} = 14996.12 \text{ J}$

9. On a $\partial w = -P_{ext}dV$

Donc $W_{BC} = -\int_B^C P_{ext}dV$

On a toutes les transformations sont irréversibles : $P_{ext} = P$

Alors : $W_{BC} = -\int_B^C PdV$ et on sait que la transformation BC est isobare donc : $P =$

$P_B = P_C$

Donc $W_{BC} = -P_B \int_{V_B}^{V_C} dV$

$$\Rightarrow W_{BC} = -P_B(V_C - V_B)$$

$$\text{A.N : } W_{BC} = -10000 \text{ J}$$

10. D'après le premier principe de la thermodynamique : $\Delta U = W + Q$

$$\text{Donc : } \Delta U_{BC} = W_{BC} + Q_{BC}$$

$$\Rightarrow Q_{BC} = \Delta U_{BC} - W_{BC}$$

$$\text{A.N : } Q_{BC} = 24996.12 \text{ J}$$

$$11. \Delta U_{CA} = C_V(T_A - T_C)$$

$$\text{A.N : } \Delta U_{CA} = -14996.12 \text{ J}$$

12. On a la transformation CA est isochore donc $V_C = V_A = \text{cte}$

$$\text{Donc } W_{CA} = 0 \text{ J}$$

$$13. \Delta U_{CA} = W_{CA} + Q_{CA}$$

$$\Delta U_{CA} = 0 + Q_{CA}$$

$$\text{A.N : } Q_{CA} = -14996.12 \text{ J}$$

$$14. \Delta U_{\text{cycle}} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA}$$

$$\text{A.N : } \Delta U_{\text{cycle}} = 0$$

15. $\Delta U_{\text{cycle}} = 0$ car l'énergie interne est une fonction d'état

Exercice 4 :

La première loi de la thermodynamique :

$$\Delta U = W + Q$$

1. On a la transformation 2→3 isotherme, alors $\Delta U_{23}=0$

$$\text{Donc : } Q_{23} = -W_{23}$$

2. On a la transformation 4→1 isotherme, alors $\Delta U_{41}=0$

$$\text{Donc : } Q_{41} = W_{41}$$

3. On a $W = \int -P_{ext} dV$

La transformation 1→2 et la transformation 3→4 sont des isochores, alors $dV = 0$,

donc : $W_{12} = W_{34} = 0$

4. D'après la question 3 : $W_{12} = 0$

Donc $\Delta U_{12} = Q_{12}$

Et on sait que : $\Delta U_{12} = C_v (T_2 - T_1)$

$\Rightarrow Q_{12} = C_v (T_2 - T_1)$

De même on trouve : $Q_{34} = C_v (T_4 - T_3)$

La transformation 2→3 et la transformation 4→1 sont des isothermes.

$T_2 = T_3$ et $T_1 = T_4$.

Donc : $Q_{12} = C_v (T_2 - T_1) = C_v (T_3 - T_4) = -Q_{34}$

5. On a : $W_{23} = - \int_2^3 P_{ext} dV$

La transformation 2→3 est isotherme et réversible (cycle réversible)

Donc $W_{23} = - \int_2^3 P dV$

Et d'après la loi des gaz parfaits : $PV = nRT$; $P = \frac{nRT}{V}$

$\Rightarrow W_{23} = - \int_2^3 P dV, T = cte$

$\Rightarrow W_{23} = - \int_2^3 \frac{nRT}{V} dV$

$\Rightarrow W_{23} = -nRT_2 \int_{V_2}^{V_3} \frac{1}{V} dV$

$\Rightarrow W_{23} = -nRT_2 \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right)$

De même on trouve : $W_{41} = -nRT_1 \ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right)$

6. On a $W_{41} = -nRT_1 \ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right)$ et $W_{23} = -nRT_2 \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right)$

La transformation 1→2 et la transformation 3→4 sont des isochores, alors $V_1 = V_2$

et $V_3 = V_4$, donc :

$\Rightarrow W_{23} = -nRT_2 \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right)$

$\Rightarrow W_{23} = -nRT_2 \ln\left(\frac{V_4}{V_1}\right)$

$$\Rightarrow W_{23} = nRT_2 \ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right)$$

$$\text{Donc } W_{23} + W_{41} = nRT_1 \ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right) + nRT_2 \ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right) = nR \ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right) (T_2 - T_1)$$

On a : $(T_2 - T_1) > 0$ et $\ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right) < 0$ car $V_1 < V_4$.

Alors $W_{23} + W_{41} < 0$

➤ On a un cycle moteur car $\Delta U_{cycle} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{34} + \Delta U_{41} = 0$

7. D'après la question 1 on a :

$$Q_{23} = -W_{23}$$

$$\text{Donc : } Q_{23} = nRT_2 \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right)$$

8. On a le rendement : $\eta = \frac{-(W_{23} + W_{41})}{Q_{23}}$

Et on sait que $Q_{23} = -W_{23}$ et $W_{41} = -Q_{41}$

$$\text{Donc : } \eta = \frac{-(-Q_{23} - Q_{41})}{Q_{23}}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{Q_{23} + Q_{41}}{Q_{23}}$$

$$\Rightarrow \eta = 1 + \frac{Q_{41}}{Q_{23}}$$

9. On a $\eta = 1 + \frac{Q_{41}}{Q_{23}}$

Et on sait que $Q_{23} = -W_{23}$ et $W_{41} = -Q_{41}$

$$\text{Et } W_{23} = nRT_2 \ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right) \text{ et } W_{41} = -nRT_1 \ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right)$$

$$\text{Donc } Q_{23} = -nRT_2 \ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right) \text{ et } Q_{41} = nRT_1 \ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right)$$

$$\text{Alors : } \eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

Exercice 5 :

1. On a les transformations sont isentropiques,

Donc d'après la première loi de Laplace : $PV^\gamma = cte$

$$\Rightarrow PV^\gamma = cte$$

$$\Rightarrow P_0 V_0^\delta = P_2 V_2^\delta$$

$$\Rightarrow V_2 = V_0 \left(\frac{P_0}{P_2} \right)^{\frac{1}{\delta}}$$

\Rightarrow

2. D'après la troisième loi de Laplace : $T^\delta P^{1-\delta} = cte$

$$\Rightarrow T_0^\delta P_0^{1-\delta} = T_2^\delta P_2^{1-\delta}$$

$$\Rightarrow T_2 = T_0 \left(\frac{P_0}{P_2} \right)^{\frac{1-\delta}{\delta}}$$

\Rightarrow

3. A l'état initial le volume total est $2V_0$ et à l'état final le volume total est $V_1 + V_2$:

$$\text{Donc : } 2V_0 = V_1 + V_2$$

4. On a d'après la question 3 : $2V_0 = V_1 + V_2$

$$\text{Donc : } 2dV_0 = d(V_1) + d(V_2)$$

$$\text{Et on sait que : } 2V_0 = cte$$

$$\text{Donc : } 2d(V_0) = 0$$

$$\text{Alors : } 0 = d(V_1) + d(V_2)$$

5. D'après la loi des gaz parfaits : $PV = nRT$; $V = \frac{nRT}{P}$

$$\text{Donc : } 2 \frac{nRT_0}{P_0} = \frac{nRT_1}{P_1} + \frac{nRT_2}{P_2}$$

$$\Rightarrow 2 \frac{T_0}{P_0} = \frac{T_1}{P_1} + \frac{T_2}{P_2}$$

6. On a : $2 \frac{T_0}{P_0} = \frac{T_1}{P_1} + \frac{T_2}{P_2}$

$$\Rightarrow T_1 = 2 \frac{T_0}{P_0} P_1 - \frac{T_2}{P_2} P_1, \text{ on a : } P_1 = P_2 = P_f$$

$$\Rightarrow T_1 = 2 \frac{T_0}{P_0} P_f - T_2$$

$$\Rightarrow T_1 = 2 \frac{T_0}{P_0} P_f - T_0 \left(\frac{P_0}{P_f} \right)^{\frac{1-\delta}{\delta}}$$

$$\Rightarrow T_1 = 2 \left(\frac{P_f}{P_0} - \left(\frac{P_0}{P_f} \right)^{\frac{1-\delta}{\delta}} \right) T_0$$

7. $\Delta U_{01} = C_v (T_1 - T_0)$

8. $\Delta U_{02} = C_v (T_2 - T_0)$

9. D'après la première loi de la thermodynamique :

$$\Delta U = W + Q$$

Et : $W = \int -P_{ext} dV$ et on sait que $0 = d(V_1) + d(V_2)$

Donc $W = 0$

Et : $\Delta U = \Delta U_{01} + \Delta U_{02}$

$\Rightarrow \Delta U = C_v (T_1 - T_0) + C_v (T_2 - T_0)$

$\Rightarrow \Delta U = C_v (T_1 + T_2 - 2T_0)$

La chaleur cédée par résistance est: $Q = Ri^2(t)$

10. Le travail reçu par le compartiment 1 : $W_{01} = - \int_0^1 P_{ext} dV_1$

On a la transformation est réversible

Donc : $W_{01} = - \int_1^2 P_1 dV_1$

11. Le travail reçu par le compartiment 2 : $W_{02} = - \int_0^2 P_{ext} dV_2$

On a la transformation est réversible

Donc : $W_{02} = - \int_1^2 P_2 dV_2$

12. On a : $W = W_{01} + W_{02}$

Alors : $W = - \int_1^2 P_2 dV_2 - \int_1^2 P_1 dV_1$

$\Rightarrow W = - \int_1^2 P_f d(V_1 + V_2) = 0$ (car $0 = d(V_1) + d(V_2)$)

\Rightarrow

13. On a la paroi 2 est calorifugée donc il n'y a pas d'échange de chaleur avec le milieu extérieur :

Donc : $Q_{02} = 0$

14. On a : $\Delta U = \Delta U_{01} + \Delta U_{02}$

$\Rightarrow \Delta U = W_{01} + W_{02} + Q_{02} + Q_{01}$

$\Rightarrow \Delta U = 0 + 0 + Q_{01}$

$\Rightarrow Q_{01} = C_v (T_1 + T_2 - 2T_0)$

⇒

$$15. \text{ On a : } dS = \frac{dU}{T} + P \frac{dV}{T}$$

$$\Rightarrow ds = Cv \frac{dT}{T} + nR \frac{dV}{V}$$

$$\Rightarrow \Delta S = Cv \int_{T_0}^{T_1} \frac{dT}{T} + nR \int_{V_0}^{V_1} \frac{dV}{V}$$

$$\Rightarrow \Delta S = Cv \ln \frac{T_1}{T_0} + nR \ln \frac{V_1}{V_0}$$

⇒

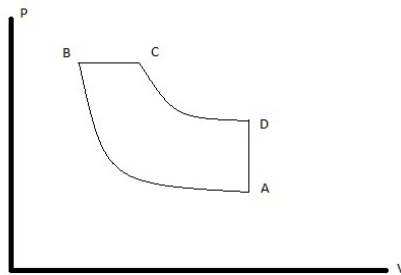
Exercice 6 :

1. D'après la loi des gaz parfait :

$$P_A V_A = nRT_A \Rightarrow n = P_A V_A / RT_A$$

$$\text{A.N : } n = 0.0893 \text{ moles}$$

2.



3. On a AB transformation isentropique donc n peut utiliser la loi de Laplace :

$$T_A^\delta P_A^{1-\delta} = T_B^\delta P_B^{1-\delta}$$

$$P_B = P_A \left(\frac{T_A}{T_B} \right)^{\frac{\delta}{1-\delta}}$$

$$\text{A.N : } P_B = 44.28 \text{ Bar}$$

$$V_B = 0.16 \text{ L (Loi des gaz parfait)}$$

4. On a la transformation BC est une transformation isobare donc : $P_C = P_B = 44.28 \text{ Bar}$

$$T_C = 1431.38 \text{ K (Loi des gaz parfait)}$$

5. La transformation CD est isentropique, d'après la loi de Laplace :

$$P_D = P_C \left(\frac{V_C}{V_D} \right)^\delta$$

A.N : $P_D = 1.76 \text{ Bar}$

$$T_D = 568.93 \text{ K (Loi des gaz parfait)}$$

6. D'après le premier principe de la thermodynamique : $\Delta U = W + Q \Rightarrow \Delta U_{AB} = W_{AB} + Q_{AB}$

On a la transformation AB est adiabatique donc $Q_{AB} = 0$

Ce qui donne : $\Rightarrow \Delta U_{AB} = W_{AB}$

Et on sait que $\Delta U_{AB} = C_V(T_B - T_A)$

A.N : $W_{AB} = 1171.19 \text{ J}$ (rappel : $C_V = nR/(\delta - 1)$)

On a $\partial W = -P_{ext} dV$

$$\text{Donc } W_{BC} = - \int_B^C P_{ext} dV$$

On a toutes les transformations sont irréversibles : $P_{ext} = P$

Alors : $W_{BC} = - \int_B^C P dV$ et on sait que la transformation BC est isobare

donc : $P = P_B = P_C$

$$\text{Donc } W_{BC} = -P_B \int_{V_B}^{V_C} dV$$

$$\Rightarrow W_{BC} = -P_B(V_C - V_B)$$

A.N : $W_{BC} = -354.24 \text{ J}$

D'après le premier principe de la thermodynamique : $\Delta U = W + Q \Rightarrow \Delta U_{CD} = W_{CD} + Q_{CD}$

On a la transformation CD est adiabatique donc $Q_{CD} = 0$

Ce qui donne : $\Rightarrow \Delta U_{CD} = W_{CD}$

Et on sait que $\Delta U_{CD} = C_V(T_D - T_C)$

A.N : $W_{CD} = -1600.8 \text{ J}$

On a la transformation DA est une transformation isochore donc $V_A = V_D = cte$

Donc : $W_{DA} = 0$

7. On a la transformation AB est adiabatique donc $Q_{AB} = 0$

On a la transformation CD est adiabatique donc $Q_{CD} = 0$

La transformation BC est une transformation isobare donc :

$$Q_{BC} = C_p(T_C - T_B)$$

Rappel : $C_p = n\delta R/(\delta - 1)$

A.N : $Q_{BC} = 1240.49 J$

On a la transformation DA est une transformation isochore donc $V_A = V_D = cte$

Donc : $W_{DA} = 0$

Donc $\Delta U_{DA} = Q_{DA}$

Et on sait que : $\Delta U_{DA} = C_V(T_A - T_D)$

A.N : $Q_{DA} = 785.55 J$