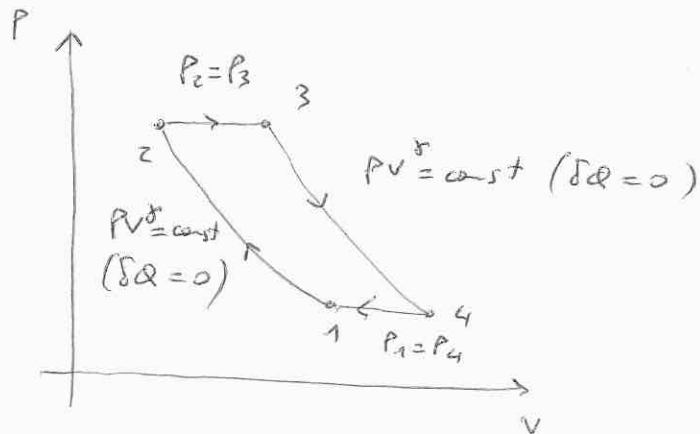


Ex. 1

Q1)



$$\begin{aligned}
 m &= 1 \text{ kg} \\
 p_1 &= 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa} \\
 p_2 &= 15 p_1 \\
 v_1 &= 0,83 \text{ m}^3 \\
 v_3 &= 0,27 \text{ m}^3 \\
 c_v &= 713 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \\
 r &= 287 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \\
 c_p &= c_v + r \\
 \gamma &= \frac{c_p}{c_v} \approx 1,4
 \end{aligned}$$

Q2)

$$T_1 = \frac{p_1 v_1}{m r} \approx 288 \text{ K}$$

$$p_1 v_1^\gamma = p_2 v_2^\gamma \quad (\text{Loi de LAPLACE})$$

$$v_2 = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\gamma}} v_1 \approx 0,12 \text{ m}^3$$

$$T_2 = \frac{p_2 v_2}{m r} \approx 627 \text{ K}$$

Q3)

$$\begin{aligned}
 Q_{12} = 0 &\Rightarrow W_{12} = \Delta U_{12} = m c_v (T_2 - T_1) \approx 240984 \text{ J} \\
 W_{12} &> 0 \quad (\text{reçu})
 \end{aligned}$$

Q4)

$$p_3 = p_2 \Rightarrow T_3 = \frac{p_3 v_3}{m r} = \frac{p_2 v_3}{m r} \approx 1411 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}
 W_{23} &= -p_2 (v_3 - v_2) = -225000 \text{ J} < 0 \quad (\text{cédé}) \\
 &\uparrow \\
 &p = \text{const} = p_2
 \end{aligned}$$

$$\Delta U_{23} = m c_v (T_3 - T_2) = 558982 \text{ J}$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} - W_{23} = 783982 \text{ J} > 0 \quad (\text{reçu})$$

Q5)

$$P_4 = P_1 = 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_3 V_3^\gamma = P_4 V_4^\gamma \Rightarrow V_4 = \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{\frac{1}{\gamma}} V_3 = \left(\frac{P_3}{P_1} \right)^{\frac{1}{\gamma}} V_3 =$$

$$\underset{P_3 = P_2}{=} \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{\gamma}} V_3 \approx 1,87 \text{ m}^3$$

$$T_4 = \frac{P_4 V_4}{nR} \approx 652 \text{ K}$$

Q6)

$$Q_{34} = 0 \Rightarrow W_{34} = \Delta U_{34} = m c_V (T_4 - T_3) = -541167 \text{ J} < 0 \text{ (cède)}$$

Q7)

$$W_{41} = -P_1 (V_1 - V_4) = 104000 \text{ J} > 0 \text{ (reçu)}$$

$$\uparrow$$

$$P = \text{const}$$

$$\Delta U_{41} = m c_V (T_1 - T_4) = -258819 \text{ J}$$

$$Q_{41} = \Delta U_{41} - W_{41} = -362819 \text{ J} < 0 \text{ (cède)}$$

Q8)

$$Q_{in} = Q_{23} = 783992 \text{ J} > 0$$

$$Q_{out} = Q_{41} = -362819 \text{ J} < 0$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_{in}} = 1 + \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \approx 0,54$$

$$\Delta U = 0 \text{ (cycle)} \Rightarrow W = -(Q_{in} + Q_{out})$$

$$W < 0 \Rightarrow |W| = -W$$

Q9)

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

$$p = \text{const} \Rightarrow \begin{aligned} Q_{41} &= \Delta H_{41} = m c_p (T_1 - T_4) \\ Q_{23} &= \Delta H_{23} = m c_p (T_3 - T_2) \end{aligned} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta = 1 + \frac{T_1 - T_4}{T_3 - T_2}$$

$$\eta = 1 + \frac{T_1 - T_4}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \frac{T_4/T_1 - 1}{T_3/T_2 - 1}$$

$$\begin{aligned} p_1 &= p_4 & p_1 V_1^\gamma &= p_2 V_2^\gamma \\ p_2 &= p_3 & p_3 V_3^\gamma &= p_4 V_4^\gamma \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{T_4}{T_1} = \frac{p_4 V_4}{p_1 V_1} = \frac{V_4}{V_1}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{p_2 V_2} = \frac{V_3}{V_2}$$

$$\frac{p_3 V_3^\gamma}{p_2 V_2^\gamma} = \frac{p_4 V_4^\gamma}{p_1 V_1^\gamma} \Rightarrow \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^\gamma = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^\gamma \Rightarrow \frac{V_3}{V_2} = \frac{V_4}{V_1}$$

$$\Rightarrow \frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

RAPPORT des TEMPERATURES

$$T_r \equiv \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \boxed{\eta = 1 - \frac{1}{T_r}}$$

$$T_r = \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{p_2^{1-\frac{1}{\gamma}} p_1^{\frac{1}{\gamma}}}{p_1} = \frac{p_2^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}{p_1^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}$$

$$V_2 = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}} V_1$$

$p_r \equiv \frac{p_2}{p_1}$ RAPPORT des PRESSIONS

$$= (p_r)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \Rightarrow \boxed{\eta = 1 - \frac{1}{p_r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}}$$

Exercice 2

Par ciel bleu et clair, l'énergie solaire rayonnée disponible est d'environ 1000 W/m^2 . On considère un chauffe-eau solaire rectangulaire de côtés $\ell_1 = 1,5 \text{ m}$ et $\ell_2 = 1,6 \text{ m}$, dont le rendement est de 30%. Le fluide caloporteur dans le capteur est l'eau (masse volumique $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$, chaleur massique $c = 4,18 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$) ; il circule avec un débit $q_v = 20 \text{ l/h}$.

Q1) Déterminer la puissance solaire reçue par le panneau rectangulaire.

$$S = \ell_1 \ell_2 = 1,5 \cdot 1,6 = 2,4 \text{ m}^2; P_{sol} = P_{sol}^{(s)} = 1000 \cdot 2,4 = 2,4 \text{ kW}.$$

Q2) Calculer la puissance thermique du chauffe-eau.

$$e = \frac{P_{th}}{P_{sol}} \Rightarrow P_{th} = e P_{sol} = 0,3 \cdot 2400 = 720 \text{ W}.$$

Q3) Déterminer l'énergie (quantité de chaleur) disponible après 2 heures de fonctionnement.

$$t = 2 \text{ h}; Q = P_{th} t = 720 \cdot 2 \cdot 3600 = 5184000 \text{ J}.$$

Q4) Déterminer la masse d'eau qui circule dans le panneau durant 2 heures et, ensuite, l'élévation de température du fluide au bout de ces 2 heures.

$$V = q_v t = 20 \cdot 2 = 40 \text{ l} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \Rightarrow m = \rho V = 40 \text{ kg}.$$

$$Q = m c \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{m c} = \frac{5184}{40 \cdot 4,18} = 31 \text{ K}.$$