

Examen Partiel : Thermodynamique
Session de Janvier 2017
Durée totale : 1h45'
Aucun document n'est autorisé

Exercice 1

Une turbine à vapeur fonctionne dans les conditions suivantes : la vapeur entre à la turbine à travers une conduite de rayon $2,5\text{ cm}$, à la vitesse de 80 m/s . La vapeur sort de la turbine à travers un tuyau d'évacuation de rayon 15 cm . Les conditions à l'entrée et à la sortie de la turbine sont :

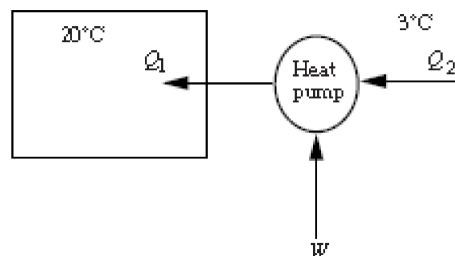
- Entrée : enthalpie massique : $3301,4\text{ kJ/kg}$; volume massique : $0,052\text{ m}^3/\text{kg}$.
- Sortie : enthalpie massique : $2665,4\text{ kJ/kg}$; volume massique : $2,087\text{ m}^3/\text{kg}$.

En négligeant la variation de l'énergie potentielle, calculez :

1. le débit massique et la vitesse à la sortie,
2. la puissance développée par la turbine.

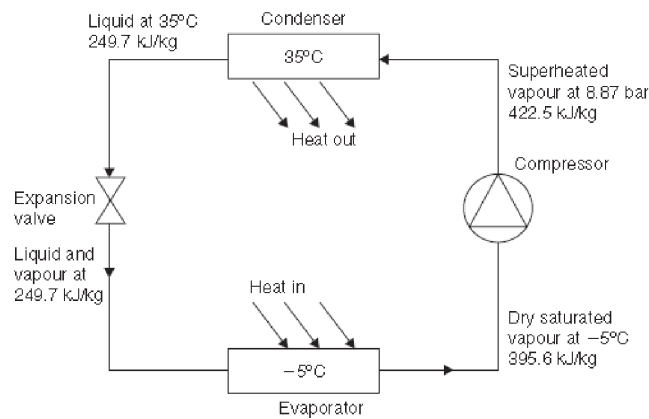
Exercice 2

Une pompe à chaleur est utilisée pour maintenir la température intérieure d'une maison à 20°C lorsque la température extérieure est de 3°C . Quel est le travail minimal nécessaire au transfert 100 J de chaleur à l'intérieur de la maison.



Exercice 3

Le cycle de réfrigération ci-dessous, indique les valeurs de pression, de température et d'enthalpie massique en chaque point du cycle. On néglige la variation des énergies potentielle et cinétique ainsi que la chaleur échangée par le compresseur.



En effectuant des bilans sur chaque composant, calculez

1. les quantités de chaleur massiques échangées par le condenseur et l'évaporateur ainsi que le travail massique effectué par le compresseur, (kJ / Kg)
2. le COP du réfrigérateur.

Exercice 4

Dans un cycle Diesel, une mole d'air atmosphérique à 300K et 1 bar est comprimé de manière réversible et adiabatique jusqu'à ce que son volume final

soit $V_2 = \frac{1}{16} V_1$. Calculez

1. la température et la pression finale,
2. le travail de compression,
3. la variation d'entropie.

On donne :

$$\gamma = 1,4 \quad ; \quad R_u = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$$

Correction de l'exercice 1

Solution At steady state, the mass flowing in must equal the mass flowing out (mass balance). Hence, $A_i v_i \rho_i = A_o v_o \rho_o$. Using this equation and the given data, we can calculate the velocity of the steam in the outlet:

$$v_o = \frac{\pi(0.025\text{ m})^2(19.2\text{ kg m}^{-3})}{\pi(0.15\text{ m})^2(0.479\text{ kg m}^{-3})} 80.0\text{ m s}^{-1} = 89.0\text{ m s}^{-1}$$

The rate of mass flow is

$$\frac{dm}{dt} = A_i v_i \rho_i = \pi(0.025\text{ m})^2(19.2\text{ kg m}^{-3})80\text{ m s}^{-1} = 3.01\text{ kg s}^{-1}$$

Now we can apply Equation (2.7.4) to calculate the power output. In this case, mechanical energy is the output and we may assume negligible heat losses, i.e. $dQ/dt = 0$. We then have

$$\frac{dW}{dt} = \left[\left(\frac{h_i}{\rho_i} + \frac{v_i^2}{2} \right) - \left(\frac{h_o}{\rho_o} + \frac{v_o^2}{2} \right) \right] \frac{dm}{dt}$$

Using the steam-table data, we see that $h_i/\rho_i = 3301.4\text{ kJ kg}^{-1}$ and $h_o/\rho_o = 2665.4\text{ kJ kg}^{-1}$. Thus, the power output is

$$\frac{dW}{dt} = [(3301.4 - 2665.4)10^3 + 0.5(80.0^2 - 89.0^2)]3.01 = 1915\text{ kJ s}^{-1} = 1.9\text{ MW}$$

Correction de l'exercice 2

Solution The ideal heat pump is the Carnot's engine running in reverse, i.e. it uses work to pump heat from a lower temperature to a higher temperature. For an ideal pump, $Q_1/T_1 = Q_2/T_2$. Thus, if $Q_1 = 100.0\text{ J}$ and $T_2 = 293.0\text{ K}$, we have $T_1 = 276.0\text{ K}$:

$$Q_2 = 276.0\text{ K}(100.0\text{ J}/293.0\text{ K}) = 94.0\text{ J}$$

Thus, the heat pump absorbs 94.0 J from the outside and delivers 100.0 J to the inside. Form the first law it follows that the work $W = Q_1 - Q_2$ necessary is $100.0\text{ J} - 94.0\text{ J} = 6.0\text{ J}$.

Correction de l'exercice 3

Correction de l'exercice 4

$$\frac{\text{Final volume}}{\text{Initial volume}} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{16}$$

For reversible adiabatic compression of an ideal gas

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{\gamma-1} \text{ or } \frac{T_2}{300} = (16)^{0.4} = 3.0314$$

or $T_2 = 909.4 \text{ K}$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{\gamma} \text{ or } \frac{P_2}{1} = (16)^{1.4} = 48.503$$

or $P_2 = 48.503 \text{ bar}$

$$\begin{aligned} \text{Work done, } W &= \frac{R(T_1 - T_2)}{\gamma - 1} = \frac{8.314(300 - 909.4)}{0.4} \\ &= -12.666 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Therefore 12.666 kJ/mol work is to be done on the air.