

Examen de thermodynamique

Question de cours

On considère un équilibre entre la phase liquide et la phase vapeur d'un corps pur simple.

1. Définir la chaleur latente.
2. Quelles sont les conditions d'équilibre entre les deux phases.
3. En déduire la relation de Clapeyron reliant la chaleur latente et la pente de la courbe de coexistence des phases. On demande une démonstration complète.
4. Quels sont les deux points extrêmes de la courbe d'équilibre liquide-vapeur d'un corps pur simple (autre que l'hélium).

Exercice 1

On considère une habitation dont la surface au sol est un rectangle de longueur 12 m et de largeur 8,50 m. Les murs ont une hauteur de 3 m. On fera l'hypothèse que le sol et le plafond sont de parfaits isolants thermiques. La température extérieure est $T_{\text{ext}} = -5^\circ\text{C}$ et la température intérieure doit être maintenue à $T_{\text{int}} = 18^\circ\text{C}$. On cherche la puissance de chauffage nécessaire dans différents cas.

- 1) Tout d'abord nous faisons l'hypothèse que les murs sont en briques et qu'ils n'ont aucune ouverture (portes ou fenêtres).
 - a) Calculer la surface totale de mur entourant la maison.
 - b) Calculer la résistance thermique de ce mur.
 - c) Calculer la puissance de chauffage nécessaire.
- 2) Pour limiter les frais de chauffage et la pollution atmosphérique (émission de gaz à effets de serre), on ajoute une épaisseur de 15 cm de laine de verre entre le mur de briques et une plaque de plâtre de 1,5 cm d'épaisseur. En utilisant la même démarche qu'en 1), calculer la nouvelle puissance de chauffage nécessaire.
- 3) On perce 3 fenêtres carrées de 1,50 m de côté sur trois des quatre murs, une porte en bois (hauteur 2 m, largeur 1 m, épaisseur 5 cm) étant placé sur le dernier mur. Calculer la nouvelle puissance de chauffage, sachant que les fenêtres sont en simple vitrage d'épaisseur $e_{\text{verre}} = 4$ mm.

Données :

briques :

conductivité thermique $\lambda_{\text{brique}} = 0,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
épaisseur d'une brique $e_{\text{brique}} = 20 \text{ cm}$.

laine de verre :

conductivité thermique $\lambda_{\text{laine}} = 0,04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
épaisseur $e_{\text{laine}} = 15 \text{ cm}$

plâtre :

conductivité thermique $\lambda_{\text{plâtre}} = 0,35 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

épaisseur $e_{\text{plâtre}}=1,5\text{cm}$

bois :

conductivité thermique : $\lambda_{\text{bois}}=0,2\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

verre :

conductivité thermique : $\lambda_{\text{verre}}=1\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Exercice 2

Un climatiseur utilise comme fluide de l'air et fonctionne suivant un cycle ABCDA composé des quatre transformations réversibles suivantes :

- compression adiabatique AB de l'état A(p_1, V_1, T_1) à l'état B(p_2, V_2, T_2) : l'air est comprimé à l'aide d'un compresseur où l'on suppose la transformation réversible.

- refroidissement isobare BC jusqu'à la température T_3 : l'air échange de la chaleur avec le milieu extérieur

- détente adiabatique CD de p_2 à p_1 ; la température passe de T_3 à T_4 : l'air se détend dans une turbine où l'on suppose la transformation réversible.

- échauffement isobare DA jusqu'à la température initiale T_1 : l'air échange de la chaleur avec la pièce à climatiser.

Le cycle est décrit par n moles d'air assimilé à un gaz parfait diatomique.

1° Représenter le cycle ABCDA dans un diagramme de Clapeyron (p, V).

2° Calculer la température :

a - T_2 en fonction de T_1 , de γ et du taux de compression $x=p_2/p_1$;

b - T_4 en fonction de T_3 , de γ et du taux de compression $x=p_2/p_1$.

3° A chaque cycle le gaz extrait de la pièce à climatiser, de température T_1 , une quantité de chaleur Q_f et fournit au milieu extérieur, de température T_3 , une quantité de chaleur Q_c . On désigne par W le travail reçu par le gaz au cours du cycle.

a - Indiquer le sens des échanges d'énergie Q_c et Q_f .

b - Représenter sur un schéma de principe les échanges d'énergie du climatiseur.

c - Calculer les quantités de chaleur Q_f et Q_c échangées au cours d'un cycle.

4° Calculer l'efficacité ou coefficient de performance $e=|Q_f/W|$ du climatiseur:

a - en fonction des températures T_1, T_2, T_3 et T_4 ;

b - en fonction de γ et du taux de compression $x=p_2/p_1$.