

Exercice 4 physique

Le but de ce problème est d'étudier le fonctionnement d'un moteur thermique et de comparer son rendement à celui d'un cycle de Carnot.

Les questions peuvent être traitées indépendamment les unes des autres à l'exception des questions 3.3, 4.3 et 7

Le système étudié est constitué d'un gramme d'air assimilable à un gaz parfait de masse molaire $29 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Le rapport des capacités calorifiques à pression constante et volume constant vaut : $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$

Ce rapport γ sera supposé constant.

On dispose de deux sources de chaleur pour réaliser en circuit fermé un cycle moteur ABCD composé de deux isothermes et deux isochores.

Ce cycle peut être décomposé de la manière suivante :

- AB détente isotherme à la température T_1 ;
- BC détente isochore c'est-à-dire effectuée à volume constant V_B ;
- CD compression isotherme à la température T_2 telle que $T_2 < T_1$;
- DA compression isochore telle que $V_B > V_D$.

Le volume initial du gaz au point A vaut $V_A = 0,80 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$.

Le rapport entre les pressions maximale et minimale vaut $\frac{P_A}{P_C} = 10$.

Les deux sources de chaleur ont pour températures $T_1 = 1115 \text{ K}$ et $T_2 = 300 \text{ K}$.

On donne $R = 8,32 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1) Donner l'allure du cycle dans le diagramme de Clapeyron (P, V). Indiquer le sens de parcours.

2) Calculer la pression P_A du gaz à l'état initial.

En déduire la pression P_C puis le volume V_C et les pressions P_B et P_D .

Présenter vos résultats sous forme de tableau en récapitulant les valeurs des divers paramètres P, V, T pour chacun des sommets du cycle.

3) Quantité de chaleur totale Q_1 reçue par le système.

3.1) Exprimer le travail W_{AB} échangé lors de la transformation isotherme AB en fonction de R, T_1, V_B, V_A et n nombre de moles d'air.

En déduire l'expression de la quantité de chaleur Q_{AB} reçue par le système lors de cette transformation.

3.2) Exprimer la capacité calorifique molaire à volume constant en fonction de R et du rapport γ .

En déduire l'expression de la quantité de chaleur Q_{DA} reçue par le système lors de cette transformation en fonction de R, γ, T_1, T_2 et n .

3.3) Calculer les quantités de chaleur Q_{AB} et Q_{DA} . En déduire la quantité de chaleur totale $Q_1 = Q_{AB} + Q_{DA}$ reçue par le système au cours d'un cycle moteur.

4) Quantité de chaleur totale Q_2 cédée par le système.

4.1) Exprimer, en fonction de R, γ, T_1, T_2 et n , la quantité de chaleur Q_{BC} cédée par le système lors de la transformation BC.

4.2) Exprimer, en fonction de R, T_1, V_C, V_D et n , la quantité de chaleur Q_{CD} cédée par le système lors de la transformation CD.

4.3) Calculer les quantités de chaleur Q_{BC} et Q_{CD} ainsi que la quantité de chaleur totale $Q_2 = Q_{BC} + Q_{CD}$ cédée par le système au cours d'un cycle moteur.

5) Exprimer le rendement thermodynamique ρ de ce cycle moteur en fonction de Q_1 et Q_2 .

6) Considérons un cycle de Carnot réversible utilisant les mêmes sources à températures T_1 et T_2 que le cycle étudié précédemment. Établir l'expression du rendement thermodynamique ρ_C de ce cycle de Carnot en fonction des températures T_1 et T_2 .

7) Calculer les valeurs numériques des rendements ρ et ρ_C . Conclure.