

Devoir surveillé de Thermodynamique

Mercredi 8 novembre 2023

Durée : 1h30. Sans documents.

Exercice 1

Dans un compresseur à air, un piston comprime lentement et sans frottement une masse fixe d'air. Le cylindre est muni d'aubes, qui permettent de dissiper de la chaleur. Ainsi, la compression se fait à énergie interne constante. On dépense, pour la compression de l'air, un travail massique $w = 120 \text{ kJ kg}^{-1}$. L'air sera modélisé comme un gaz parfait.

Q1) Quel est la quantité de chaleur massique échangée par l'air pendant la compression ? Dire si le travail et la quantité de chaleur (massiques) ont été reçus ou cédés par l'air et préciser leurs signes.

Q2) Avant de commencer la compression, l'air est à pression et masse volumique atmosphériques ($P_1 = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$; $\rho = 1,2 \text{ kg m}^{-3}$). Le diamètre du cylindre est de 6 cm et sa profondeur intérieure est de 18 cm. Quelle est la masse d'air incluse dans le cylindre ?

Q3) Que peut on dire de la température de l'air dans le compresseur ? Pourquoi ?

Q4) Déterminer l'expression du travail W (mesuré en J) en fonction du rapport des volumes initial (V_1) et final (V_2). En déduire l'expression du volume final et calculer la valeur numérique de ce dernier.

Q5) Calculer la pression P_2 de l'air à la fin de la compression.

Exercice 2

On se propose d'étudier un cycle moteur relatif à une masse d'air $m = 1,2 \text{ g}$. L'air sera assimilé à un gaz parfait de caractéristiques $r = 287 \text{ J/(kg K)}$, $c_V = 713 \text{ J/(kg K)}$ et $c_P = 1000 \text{ J/(kg K)}$. Le volume maximum du cylindre est noté V .

Le cycle est un cycle de Beau de Rochas, correspondant à un moteur à combustion interne (moteur à essence). Il est composé des évolutions suivantes :

- compression adiabatique de l'état 1 à 2 ;
- échauffement isochore (combustion) de l'état 2 à 3 ;
- détente adiabatique de l'état 3 à 4 ;
- refroidissement isochore de l'état 4 à 1.

Toutes ces transformations sont mécaniquement réversibles.

Les données relatives aux différents états du cycle sont résumées dans le tableau suivant.

Etat i	1	2	3	4
Volume V_i	V	$V/10$	$V/10$	V
Pression P_i	10^5 Pa		$5 \cdot 10^6$ Pa	
Température T_i	293 K		1465 K	

On notera $W_{i \rightarrow j}$ et $Q_{i \rightarrow j}$ les travaux et quantités de chaleur échangés par le moteur avec l'extérieur durant la transformation de l'état i à l'état j .

Q1) Tracer le graphique du cycle dans le plan volume-pression et préciser le sens dans lequel il doit être parcouru.

Q2) Calculer le volume V .

Q3) Calculer les températures des états 2 et 4.

Q4) Calculer les travaux $W_{i \rightarrow j}$ et quantités de chaleur $Q_{i \rightarrow j}$ échangés avec l'extérieur pour chacune des transformations.

Q5) Déduire des résultats précédents : le travail total échangé avec l'extérieur, la quantité de chaleur Q_C reçue par le moteur. En déduire le rendement du cycle.

Q6) Ce moteur travaille entre une source chaude à la température T_C et une source froide à la température T_F . Identifier T_C et T_F et préciser leurs valeurs.

Q7) En prenant ces valeurs de T_C et de T_F , calculer le rendement d'un cycle de Carnot opérant entre les mêmes températures. Pourquoi est-il supérieur à celui du cycle de Beau de Rochas?