

1 Exercice 1- Bougies de préchauffage

Dans les moteurs Diesel, le carburant s'enflamme tout seul en fin de compression. Pour être sûr d'atteindre la température de combustion avec un moteur froid, les moteurs intègrent des bougies de préchauffage. Ce sont en fait des résistances qui chauffent l'air de la chambre de combustion avant de démarrer le moteur. On étudie ici un chauffage par résistance similaire à une bougie de préchauffage. On considère un cylindre étanche rempli d'air considéré comme un gaz parfait de $\gamma = 1,4$ et fermé par un piston mobile de masse négligeable. L'état initial noté (0) est $P_0 = 1 \text{ bar}$, $T_0 = 300 \text{ K}$ et $n = 80,0 \text{ mmol}$. La température extérieure est T_0 et la pression extérieure est P_0 . Le piston fait une surface $S = 10,0 \text{ cm}^2$.

Question (1. 1)

Les parois sont athermanes et on bloque le piston. On insère une résistance $R = 2,40 \Omega$ alimentée par la batterie ($U = 12,0 \text{ V}$) pendant $\Delta t = 10,0 \text{ s}$. Quel est l'état final (noté (1)) du système ?

Question (1. 2)

Représenter la transformation dans le diagramme de Clapeyron. Comment s'appelle une telle transformation ?

Question (1. 3)

On repart de l'état (0) et on effectue le même chauffage sauf que le piston n'est plus bloqué. Quel est l'état final (noté (2)) du système ?

Question (1. 4)

Représenter la transformation dans le diagramme de Clapeyron. Comment s'appelle une telle transformation ?

Question (1. 5)

Calculer aussi dans ce cas le travail reçu par le gaz.

Question (1. 6)

On repart de l'état (1) et on amène le gaz dans l'état (2) par une transformation polytropique de coefficient k , c'est à dire que tout au long de la transformation $PV^k = cte$. Représenter la transformation dans le diagramme de Clapeyron.

Question (1. 7)

Calculer k .

Question (1. 8)

A votre avis le travail cédé par le gaz pour arriver à l'état (2) en passant par (1) puis la transformation polytropique est-il identique, supérieur ou inférieur à celui calculé à la question 4? Justifier et commenter.

Question (1. 9)

Expliquer comment on pourrait calculer ce travail sans mener le calcul jusqu'au bout.

2 Exercice 2- Trempe d'un acier

Pour améliorer les propriétés mécaniques des aciers, on utilise une méthode dite de trempe : on chauffe une masse $M = 10 \text{ kg}$ d'acier jusqu'à $T_0 = 1000 \text{ K}$ puis on la plonge brutalement dans un bain d'eau à $T_1 = 300 \text{ K}$ de volume $V = 50 \text{ L}$. En faisant des hypothèses raisonnables et argumentées, calculer la température de l'eau après qu'on y a trempé l'acier. Commenter. On donne $c_{acier} = 500 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ et $c_{eau} = 4,2 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ (valeur à connaître).

3 Exercice 3- Cycle pour un gaz parfait

Une mole de gaz parfait décrit lentement une évolution cyclique : il démarre de l'état A avec $T_A = 300 \text{ K}$, $P_A = 1,0 \text{ bar}$ puis subit une compression isotherme jusqu'à la pression $P_B = 5,0 \text{ bar}$. Ensuite, il se

détend de manière isobare et retrouve son volume de départ en C . La transformation $C \rightarrow A$ est un retour à l'état initial isochore. On donne $\gamma = 1,4$.

Question (3. 1)

Représenter l'allure du cycle dans le diagramme de Clapeyron.

Question (3. 2)

Calculer les volumes V_A , V_B et V_C ainsi que T_C .

Question (3. 3)

Exprimer puis calculer les travaux et transferts thermiques pour chaque transformation.

Question (3. 4)

Faire la somme de toutes les énergies calculées précédemment, que remarque-t-on ? Comment pouvait-on le prouver sans même les calculer ?

4 Exercice 4- Compression d'un piston

On considère un cylindre étanche rempli d'air considéré comme un gaz parfait de $\gamma = 1,4$ et fermé par un piston mobile de masse négligeable. Le cylindre est calorifugé. L'état initial (noté (0)) est $P_0 = 1,0$ bar et $T_0 = 300$ K. La température extérieure est T_0 et la pression extérieure est P_0 . Le piston fait une surface $S = 10,0$ cm². On va déposer une masse $m = 5,00$ kg de sable sur le piston de deux manières différentes. Les parois sont calorifugées.

Question (4. 1)

On pose brutalement la masse m sur le piston l'état final est noté (1). Exprimer puis calculer la pression P_1 .

Question (4. 2)

Trouver avec le premier principe T_1 et V_1 .

Question (4. 3)

Exprimer puis calculer le travail reçu par le gaz.

Question (4. 4)

On repart de l'état (0) mais on perce le sac de sable de manière à ce que la masse m se dépose très doucement, le système étant alors à la fin dans l'état (2). On peut alors montrer que $PV^\gamma = cte$, en déduire une relation $P^a T^b = cte$, où a et b s'expriment en fonction de γ .

Question (4. 5)

En déduire T_2 et commenter.

Question (4. 6)

Exprimer puis calculer le travail reçu par le gaz et commenter.

Question (4. 7)

Laquelle des deux évolutions est réversible ?

5 Exercice 5- Moteur 2 temps

Le fonctionnement des moteurs à 2 temps (tronçonneuse, mobylette) peut être modélisé par un cycle de Lenoir : l'air et le carburant rentrent dans le cylindre, l'air se trouve alors dans l'état A caractérisé par (P_1, T_1, V_1) . On allume la bougie, il y a explosion qu'on modélise par une augmentation brutale de pression à volume constant et un transfert thermique Q fourni aux gaz. Les gaz sont alors dans l'état B avec $(5P_2, V_1, T_2)$. Ils se détendent ensuite de manière adiabatique quasistatique jusqu'à l'état C avec (P_1, V_2, T_3) . Enfin les gaz s'échappent du cylindre à pression constante P_1 et un nouveau cycle recommence. On négligera le carburant liquide, et les gaz brûlés comme l'air sont considérés comme des GP de coefficient $\gamma = 1,4$. On admettra que lors de l'évolution $B \rightarrow C$, on peut supposer $PV^\gamma = cte$.

Question (5. 1)

Représentez le cycle $ABCA$ suivi par les gaz au cours d'un cycle dans le diagramme de Clapeyron. Ce cycle est-il moteur ou récepteur ?

Question (5. 2)

Exprimer le travail reçu par une mole de gaz au cours du cycle en fonction de R , T_1 , T_2 , T_3 et γ .

Question (5. 3)

Exprimer le transfert thermique Q_1 au moment de la combustion en fonction de n , R , γ , T_2 et T_1 .

Question (5. 4)

Définir intuitivement le rendement du moteur puis l'exprimer en fonction de γ , T_1 , T_2 et T_3 puis en fonction de γ , $\alpha = \frac{V_2}{V_1}$, P_1 et P_2 .

Question (5. 5)

Exprimer P_2 en fonction de P_1 , γ et α , en déduire le rendement en fonction de γ et α . Le calculer pour un moteur de mobylette avec $\alpha = 7$.

6 Exercice 6- Boisson fraiche

On considère une boisson de volume $V = 300$ mL à la température de 15°C . Cette température est un peu trop élevée pour en profiter, donc on veut ajouter des glaçons, sorti d'un congélateur à la température de -4°C .

Question (6. 1)

Quelle est la température finale de la boisson si on ajoute une masse $m = 10$ g de glaçons ?

Question (6. 2)

Quelle doit être la masse de pierres de granite (petits blocs de granite mis au congélateur pour refroidir les boissons sans les diluer) à utiliser pour obtenir la même température finale ?

Données

Corps	Eau (liquide)	Glace	Granite
Capacité thermique massique ($\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$)	4 180	2060	790
Chaleur latente massique de fusion de la glace : Δh_{fus}	$= 333 \text{ kJ.kg}^{-1}$.		