

Contrôle de thermodynamique

Documents autorisés

Exercice I: Réservoirs à températures différentes

On dispose d'un réservoir R_A d'Hélium (considéré ici comme un gaz parfait) relié à un autre réservoir R_B par l'intermédiaire d'une canalisation de volume négligeable comportant une vanne V. Le volume de R_A est $V_A = 14 \text{ l}$. Le volume de R_B est $V_B = 0,5 \text{ l}$. Dans l'état initial, la pression dans R_A est: $P_A = P_0 = 200 \text{ bars}$ et R_B est vide, la vanne étant fermée.

A Détente isotherme dans le vide.

1. Dans cette première partie, on considère que les opérations se déroulent entièrement à la température ambiante $T_0 = 293 \text{ K}$. On ouvre le robinet V et on attend l'équilibre. Calculer la pression finale dans les 2 réservoirs.
2. Calculer le nombre de moles d'Hélium dans chacun des 2 réservoirs.

B Vanne fermée.

1. On referme la vanne après avoir atteint l'équilibre précédent. On chauffe le réservoir R_B jusqu'à la température de 350 K. Calculer la pression finale dans R_B .
2. On refroidit le réservoir R_B jusqu'à la température de 90 K. Calculer la pression finale dans R_B

C Vanne ouverte.

On repart de l'état initial ($P_A = P_0 = 200 \text{ bars}$, R_B vide, V fermée). Cette fois-ci, le réservoir R_B est plongé dans un bain d'oxygène liquide de sorte que la température dans R_B sera de 90 K tandis que R_A reste à la température ambiante.

1. On ouvre le robinet V puis on attend l'équilibre. Donnez l'expression du nombre de moles dans chacun des réservoirs.
2. Donnez l'expression de la pression dans les réservoirs.
3. Application numérique.

Exercice II Compression étagée.

On désire comprimer de l'air pris dans les conditions ambiantes ($t_0 = 17^\circ \text{ C}$ et $P_0 = 1 \text{ bar}$). La pression finale doit être de 20 bars . Pour des raisons de sécurité, on veut éviter que la température ne dépasse 140° C . On supposera que l'air est un gaz parfait de masse molaire $M = 29 \text{ g/mol}$ et que la compression est adiabatique et réversible. On donne aussi le rapport des chaleurs spécifiques:

$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$. On rappelle qu'une expression de C_p (ou de C_v) en fonction de γ peut être déduite de la relation de Mayer.

A Compresseur à un étage.

1. Dans un tel compresseur, la compression est effectuée en une seule fois. Quelle sera la température de l'air une fois comprimé?
2. Quelle conclusion en tirez vous?

B Compresseur à plusieurs étages

Dans un tel compresseur, l'air est comprimé en plusieurs fois jusqu'à des pressions intermédiaires. Pour éviter des températures trop importantes, l'air est refroidi entre deux compressions successives.

1. L'air est comprimé dans un premier étage jusqu'à la pression intermédiaire P_1 telle que la température soit égale en fin de compression à $t_1 = 140^\circ C$. Calculer P_1 .
2. A la sortie du premier étage de compression, l'air est dirigé vers échangeur de chaleur permettant de le refroidir et d'abaisser ainsi sa température à $t_2 = 40^\circ C$. On supposera que la pression de l'air ne varie pas dans ce dernier appareil. L'air est ensuite dirigé vers un deuxième étage de compression d'où il sort à la température $t_3 = t_1 = 140^\circ C$ et à la pression P_3 . Calculer cette pression.
3. Après un nouveau refroidissement jusqu'à la température $t_4 = t_2 = 40^\circ C$, l'air est de nouveau comprimé jusqu'à la pression finale de 20 bars. Quelle sera la température finale?
4. Dans cette question et la suivante, pour simplifier, on fait abstraction de l'écoulement et on demande de calculer le travail de compression comme s'il s'agissait d'un système fermé. Calculer le travail reçu par une masse d'air de 1 kg dans le cas du compresseur à un étage.
5. De la même manière, Calculer le travail de compression total dans la cas de la compression étagée ainsi que la quantité de chaleur retirée à l'air au cours des deux étapes de refroidissement.