

Travaux Dirigés de Thermodynamique I*
Proposés par : Prof. Hassan Chaib
Filière : SMP, Semestre : 1, Année : 2016/2017, Série : 05

Exercice 1

Considérons un cylindre parfaitement isolé, séparé par une paroi en deux compartiments de volume V_0 chacun. Le premier compartiment contient n_1 moles d'hélium He à la température T_0 sous une pression p_1 et le deuxième contient n_2 moles d'hydrogène H_2 à la même température T_0 sous une pression p_2 . Les deux gaz sont supposés parfaits. On supprime la paroi et à l'équilibre on atteint un nouvel état caractérisé par la pression p^* , le volume $V^* = 2V_0$ et la température T^* . Les deux gaz, par diffusion, constituent un gaz parfait unique.

1. Déterminer la pression p^* et la température T^* .
2. Déterminer la variation d'entropie ΔS pour cette transformation.
3. Cette transformation est-elle réversible ou irréversible ? Justifier.

Exercice 2

Un gaz parfait se trouve dans un cylindre vertical à l'intérieur duquel peut glisser, sans frottement, un piston de masse négligeable. L'atmosphère extérieure est caractérisée par la pression $p_0 = 1$ bar et la température $T_0 = 295$ K. Le gaz occupe un volume $V_1 = 25 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ à la température $T_1 = T_0$ sous une pression $p_1 = p_0$. La paroi du cylindre est conductrice de la chaleur (c.-à-d. non adiabatique).

On fait augmenter la pression, d'une manière très lente, jusqu'à $p_2 = 8$ bar. Dans l'état d'équilibre final, le gaz occupe un volume V_2 à la température T_2 .

1. Calculer le volume V_2 et la température T_2 .
2. Calculer la variation d'énergie interne ΔU de cette compression.
3. Calculer le travail W et la quantité de chaleur Q échangés lors de cette compression.
4. Calculer, pour cette compression, la variation d'entropie du gaz ΔS_g et celle de l'atmosphère ΔS_a . Commenter.

On fait retourner le système à son état initial caractérisé par la pression p_1 , le volume V_1 et la température T_1 . On dépose brutalement sur le piston de section S^* une masse $m = \frac{(p_2 - p_1)S^*}{g}$ où g représente la constante de pesanteur.

5. Calculer les grandeurs thermiques p'_2 , V'_2 et T'_2 du nouveau état d'équilibre.
6. Calculer le travail W' et la quantité de chaleur Q' échangés au cours de cette compression.

* La version électronique de ces travaux dirigés et des épreuves relatives à la même matière sont disponibles, avec leurs corrections, sur le site Web : <http://chaib.fpo.ma/teaching/>.

7. Calculer la variation d'entropie du gaz $\Delta S'_g$ et celle de l'atmosphère extérieure $\Delta S'_a$ accompagnées à cette nouvelle transformation.
8. Que représente la quantité $\Delta S'_g + \Delta S'_a$? Commenter son signe.

Exercice 3

On dispose d'un gaz parfait polyatomique dans un cylindre fermé par un piston. Les parois du cylindre et du piston sont supposées imperméables à la chaleur. Dans l'état initial (1), le volume occupé par le gaz est $V_1 = 9 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ sous la pression $p_1 = 4,5 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ à la température $T_1 = 300 \text{ K}$.

1. Calculer la capacité calorifique à volume constant C_V et l'indice adiabatique γ de ce gaz.

On comprime ce gaz de manière réversible jusqu'à un état (2) de pression $p_2 = 8,5 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$.

2. Dans quelles conditions la réversibilité est elle réalisée ?
3. Calculer le volume V_2 et la température T_2 .
4. Calculer le travail W_{12} mis en jeu au cours de cette transformation.

On comprime maintenant le gaz en partant du même état initial (1) jusqu'à un état (3) mais en appliquant brutalement la pression $p_3 = p_2$.

5. Que peut on dire de la transformation ?
6. Calculer le volume V_3 et la température T_3 .
7. Calculer le travail W_{13} mis en jeu au cours de cette transformation.

On suppose que l'on retire l'isolant thermique entourant le cylindre ; les parois deviennent perméables à la chaleur. On réalise un refroidissement isobare de l'état (3) à l'état (2).

8. Calculer la quantité de chaleur Q_{32} échangée lors de cette transformation.
9. Calculer le travail W_{32} mis en jeu au cours de cette transformation.
10. Calculer la variation d'entropie ΔS_{32} du gaz.

Exercice 4

On réalise une détente de Joule-Gay-Lussac dans un récipient rigide calorifugé constitué de deux compartiments (1) et (2) de volumes respectifs $V_1 = 6 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ et V_2 reliés par un tube obturé par un robinet étanche. Le compartiment (1) contient initialement une quantité de vapeur d'eau à la température $T = 773 \text{ K}$ sous une pression $p = 100 \text{ bar}$. Dans cet état, le gaz est caractérisé par une énergie interne $U = 55 \text{ kJ}$ et une entropie $S = 6,59 \text{ kJ K}^{-1}$. Le compartiment (2) est vide.

Après l'ouverture du robinet, la vapeur d'eau se détend en occupant les deux compartiments au même temps. À l'équilibre, la vapeur d'eau est caractérisée par l'entropie $S' = 6,76 \text{ kJ K}^{-1}$ et les grandeurs thermiques $p' = 60 \text{ bar}$, $T' = 758 \text{ K}$ et $V' = 1,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

1. La vapeur d'eau utilisée dans cette détente est-elle assimilable à un gaz parfait ? Justifier.
2. Déterminer l'énergie interne U' de la vapeur après la détente.
3. Calculer l'entropie échangée S_e au cours de cette transformation.
4. Déterminer l'entropie créée S_c lors de cette détente.