

DEVOIR DE SYNTHESE N°2
(DUREE : 3h)

N.B : L'usage des calculatrices est autorisé

Exercice 1

Une lampe spectrale de volume intérieure 3 cm^3 contient de l'hélium He ($M_{\text{He}} = 4 \text{ g/mol}$), gaz monoatomique supposé parfait, sous une pression de 0.01 bar et à la température $T = 300 \text{ K}$.

- 1)
 - a) Rappeler les hypothèses du modèle d'un gaz parfait.
 - b) Rappeler l'équation d'état d'un gaz parfait pour n moles.
 - c) Exprimer l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique en fonction de sa pression P et de son volume V , puis en fonction de sa température T , de son nombre de moles n et de la constante des gaz parfaits R .
- 2) Calculer
 - a) Le nombre de moles n ainsi que la masse totale m de l'hélium.
 - b) l'énergie interne de l'hélium.
 - c) La vitesse quadratique moyenne des atomes d'hélium.
- 3) La pression de l'hélium augmente de 5 % alors que son volume reste inchangé.
 - a) Calculer la variation relative de la température de l'hélium.
 - b) Calculer la variation relative de l'énergie interne de l'hélium.

Données : $R = 8.32 \text{ J/mol.K}$ et $K_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$.

Exercice 2

On se propose de déterminer l'expression de la pression P en fonction de l'altitude z de l'atmosphère repérée par un repère d'axe (oz) ascendant. L'origine étant située au niveau du sol où $P(z = 0) = P_0$.

Données : $R = 8,32 \text{ J/mol.K}$, $g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$, $P_0 = 1,013 \text{ bar}$, $T_0 = 290 \text{ K}$ et $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$.

I-Atmosphère isotherme

En première approximation, l'atmosphère assimilée à un gaz parfait de masse molaire M , est considérée comme isotherme à la température T_0 .

- 1) En exploitant la relation fondamentale de la statique des fluides, exprimer la pression P de l'atmosphère à l'altitude z en fonction de P_0 , R , M , g , T_0 et z .
- 2) Calculer l'expression de la pression P_1 à l'altitude $z_1 = 4808 \text{ m}$.

II-Atmosphère de température variable.

En deuxième approximation, la température T de l'atmosphère varie linéairement avec l'altitude z suivant la loi : $T(z) = T_0 - A z$ où $A = 6.45 \cdot 10^{-3} \text{ K m}^{-1}$.

- 1) Exprimer la pression P' à l'altitude z en fonction notamment de la pression atmosphérique P_0 qui règne à l'altitude $z = 0$.
- 2) Calculer l'expression de la pression P'_1 à l'altitude $z_1 = 4808 \text{ m}$ ainsi que la température T_1 à cette altitude.
- 3) Calculer l'écart relatif η entre P_1 et P'_1 .

Exercice 3

Dans une machine thermique, une quantité de gaz parfait diatomique décrit le cycle réversible suivant:

- ❖ AB : Une compression adiabatique de l'état A ($P_A = 1 \text{ bar}$, $T_A = 240 \text{ K}$, $V_A = 1 \ell$) à l'état B ($P_B = 5 \text{ bar}$).
 - ❖ BC : Un échauffement isobare de l'état B à l'état C ($T_C = 450 \text{ K}$).
 - ❖ CD : Une détente adiabatique de l'état C à l'état D
 - ❖ DA : Un refroidissement isobare de l'état D à l'état initial A.
- 1) Représenter ce cycle de transformations dans le diagramme de Clapeyron. En déduire, en le justifiant, la nature de la machine thermique.
 - 2) Calculer le nombre de moles de gaz subissant les transformations décrites précédemment au cours du cycle.
 - 3) Déterminer les expressions et les valeurs numériques des variables d'état macroscopiques P , V et T pour les trois états B, C et D.
 - 4) Calculer les différents travaux échangés par le gaz au cours de chacune des quatre transformations du cycle. En déduire le travail échangé au cours du cycle entier et vérifier la nature du cycle.
 - 5) Calculer les quantités de chaleur échangées par le gaz au cours de chacune des quatre transformations du cycle. En déduire la quantité de chaleur échangée par le gaz au cours du cycle.
 - 6) Calculer pour chacune des quatre transformations du cycle, les variations ΔU de l'énergie interne du gaz. En déduire ΔU_{cycle} .
 - 7) Calculer pour chacune des quatre transformations du cycle, les variations ΔS de l'entropie du gaz. En déduire ΔS_{cycle} .
 - 8) Vérifier les propriétés relatives aux variations de l'énergie interne et de l'entropie du gaz au cours d'un cycle.
 - 9)
 - a) Calculer le rendement thermodynamique η de ce cycle.
 - b) Calculer le rendement η_c du cycle de Carnot fonctionnant entre une source chaude de température T_C et une source froide de température T_A .
 - c) Justifier l'écart entre η et η_c .

Données : $R = 8,32 \text{ J/mol.K}$, $\gamma = 1.4$.

Exercice 4

Un gaz parfait est enfermé dans un cylindre à l'intérieur duquel peut coulisser sans frottement un piston de masse négligeable. La température est $T_A = T_{\text{ext}} = 293\text{K}$, la pression est $P_A = P_{\text{ext}} = 1\text{bar}$, le volume est $V_A = 5\ell$. La paroi du cylindre est bonne conductrice de la chaleur, ce qui fait qu'à l'équilibre la température du gaz est toujours $T_{\text{ext}} = 293\text{K}$.

- 1) En appuyant sur le piston, on augmente très lentement la pression. Le gaz se trouve dans un nouvel état d'équilibre B ($P_B = 10\text{bar}$, T_B , V_B)
 - a) Caractériser cette transformation.
 - b) Exprimer puis calculer T_B et V_B .
 - c) Déterminer la variation d'énergie interne ΔU_{AB} , le travail des forces de pression W_{AB} et le transfert thermique Q_{AB} . Effectuer les applications numériques.
 - d) Exprimer puis calculer la variation d'entropie ΔS_{AB} du gaz lors de cette compression.
 - e) Exprimer puis calculer l'entropie créée et l'entropie échangée par le gaz lors de cette compression.
- 2) On passe maintenant brusquement de P_A à $P_C = P_B = 10\text{ bar}$ en plaçant sur le piston une masse adéquate. Le gaz se trouve dans un nouvel état d'équilibre C (P_C , T_C , V_C).
 - a) Caractériser cette transformation.
 - b) Exprimer puis calculer T_C et V_C .
 - c) Déterminer la variation d'énergie interne ΔU_{AC} , le travail des forces de pression W_{AC} et le transfert thermique Q_{AC} . Effectuer les applications numériques.
 - d) Exprimer puis calculer la variation d'entropie ΔS_{AC} du gaz lors de cette compression. Conclure.
 - e) Exprimer puis calculer l'entropie créée et l'entropie échangée par le gaz lors de cette compression.

Données : $R = 8,32\text{ J/mol.K}$, $\gamma = 1.4$.

BONNE CHANCE