NOM : .... Prénom : .... Groupe : .....

I.S. de P1-1 du mardi 9 avril 2024
Durée : 1h30

Notes à lire avant de commencer :

INSCRIRE SON NOM, PRENOM, GROUPE EN HAUT DE L'ÉNONCÉ
Les calculatrices non-graphiques non-programmables sont autorisées.
Pour les élèves internationaux, les dictionnaires en papier non-annotés sont autorisés.
Les téléphones portables (éteints) et les montres doivent être rangés dans les sacs.

- Tout résultat doit être justifié.
- Les calculs doivent prendre en compte les notations de l'énoncé.

Données :

• constante universelle des gaz parfaits R= 8,314 J.K^{-1}.mol^{-1}

Exercice 1 : Détente de Joule-Gay Lussac

On considère un récipient que l'on divise en deux compartiments par une paroi fixe. Les parois du récipient sont calorifugées. Chaque compartiment a un volume $V = 1,00$ L. Dans l'état initial, le compartiment **1** est rempli par $n = 1,00$ moles de gaz quelconque à une température θ_i= 27,0 °C. Le compartiment **2** est vide. A l'instant initial, on perce un trou dans la paroi pour que le gaz remplisse les deux compartiments. On attend le nouvel état d'équilibre.

1) Montrer que l'énergie interne du gaz reste constante lors de cette transformation.

2) On considère l'énergie interne comme une fonction des variables T et V. Ecrire la différentielle de U en fonction des dérivées partielles de U.

NOM : .... Prénom : .... Groupe : .....

3) Enoncer la loi de Joule relative à l'énergie interne. En déduire la conséquence sur la différentielle de U.

4) Dans cette question, on considère un gaz A qui peut-être modélisé par un gaz parfait de rapport isentropique $\gamma = 1,66$ et qui subit la transformation décrite page 1. En déduire la température du gaz dans l'état final ainsi que sa pression.

On considère maintenant un gaz B réel de rapport isentropique $\gamma = 1,28$. On veut le modéliser par le modèle de Van der Waals. L'équation d'état s'écrit donc $\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - n\,b) = n\,R\,T$ et l'énergie interne s'écrit alors sous la forme $U_B(T,V) = \frac{n\,R}{\gamma - 1}\,T - \frac{a\,n^2}{V}$.

5a) Donner les hypothèses du modèle du gaz parfait.

5b) Donner les significations physiques des coefficients a et b en comparant le comportement de ce gaz au comportement d'un gaz supposé parfait.

5c) On réalise l'expérience précédente avec ce gaz et on mesure une température finale de θ_f= 21 °C. En déduire l'expression littérale puis la valeur numérique du coefficient a pour le gaz B ainsi que son unité.

Exercice 2 : Compressions d'un gaz parfait

On considère un cylindre vertical, aux parois calorifugées, fermé par un piston, lui aussi calorifugé, de masse $m = 2,00$ kg et de surface $\mathcal{S} = 9,00$ cm^2, libre de glisser sans frottement. Ce cylindre contient la quantité $n = 6,59 \times 10^{-3}$ mol de diazote. Ce gaz se comporte comme un gaz parfait diatomique, caractérisé par $\gamma = 1,40$.
Soit $g = 9,81$m.s^{-2} l'accélération de la pesanteur et $P_0 = 1{,}00$ bar la pression atmosphérique.

A l'état initial ou état 1, la température du diazote vaut $T_1 = 300$ K et le piston se trouve à une hauteur $h_1 = 15{,}0$ cm du bas du cylindre.

1) Déterminer la pression P_1 du gaz dans l'état initial en fonction de tout ou partie des données P_0, T_1, $m, g, \mathcal{S}$. Réaliser l'application numérique.

On souhaite comparer deux transformations subies par le diazote dans le cylindre.

A) Un opérateur ajoute successivement de petites masses sur le piston de façon à ce que la pression extérieure exercée sur le piston augmente de la valeur P_1 à la valeur P_2. Le gaz se trouve alors dans l'état d'équilibre thermodynamique 2.
2) Caractériser la transformation $1 \rightarrow 2$ subie par le gaz par un nom et deux adjectifs. Justifier.

3) Déterminer, en fonction de tout ou partie des données P_1, T_1, h_1, P_2 et γ, la distance du piston au fond du cylindre h_2. Réaliser l'application numérique en prenant $P_2 = 2P_1$. On fera de même pour le reste de l'exercice.

4) Déterminer, en fonction de tout ou partie des données P_1, T_1, h_1, P_2 et γ, la température du gaz T_2. Réaliser l'application numérique. Comparer T_1 et T_2 et commenter.

5) Tracer, dans un diagramme de Clapeyron, la transformation $1 \rightarrow 2$ subie par le gaz, ainsi que les isothermes de températures T_1 et T_2. Représenter le travail reçu par le gaz et vérifier la cohérence de son signe.

B) On replace le gaz dans l'état thermodynamique 1.
Un opérateur exerce alors brutalement une force de façon à ce que la pression extérieure soit constante au cours de la transformation et égale à $2P_1$. Le gaz atteint alors l'état d'équilibre thermodynamique noté 2'.
6) Caractériser la transformation $1 \rightarrow 2'$ subie par le gaz par un nom et deux adjectifs. Justifier.

7) Déterminer les expressions de la variation d'énergie interne du gaz, du travail et du transfert thermique échangés lors de la transformation, en fonction des variables d'état du gaz dans les états thermodynamiques 1 et 2'.

8) En déduire une relation entre les variables thermodynamiques des états 1 et 2'.

On trouve : $h'_2 = 9,64$ cm et $T'_2 = 386$ K. **On ne demande pas de démontrer ces résultats.**

9) Donner les expressions des travaux reçus par le gaz dans les deux cas. Réaliser les applications numériques et comparer.

10a) A partir de la première identité thermodynamique, montrer que la fonction entropie de ce gaz parfait peut s'écrire $S(T,V) = C_V \ln(T) + n\,R\ln(V) + K$ avec K une constante.

10b) Donner les expressions littérales de ΔS, S^{ech} et S^{cr} pour le gaz dans les deux cas (transformation $1 \rightarrow 2$ et $1 \rightarrow 2'$). Réaliser les applications numériques et conclure.

NOM : .... Prénom : .... Groupe : .....