Premier principe : Banque d'exercices

Des exos sont très similaires, n'en faites alors qu'un !
Corrigés sur cdp

1 Travail reçu le long d'un chemin donné

Un système constitué de n moles de gaz parfait subit une transformation d'un état initial A ($p_1 = 4,0$ bars, $V_1 = 10$ L, $T_1 = 600$ K) vers un état final B ($p_2 = 1,0\text{bar}, V_2 = 20\text{ L}, T_2$).

1) Déterminer T_2.
2) Cette transformation est constituée de deux étapes : une transformation isobare de A vers C puis une transformation isochore de C vers B. Déterminer le travail $W_{A\to B}$.
3) On considère un autre chemin : une transformation isochore de A vers D puis une transformation isobare de D vers B. Déterminer le travail $W_{A\to B}$.

2 Enceinte à deux compartiments

On place dans les deux compartiments d'une enceinte la même quantité n de gaz parfait monoatomique identique. Ces deux compartiments sont séparés par un piston mobile de section $S = 200$ cm^2. Initialement, les deux gaz ont même température $T_0 = 300$ K, même volume $V_0 = 10.0$ L et même pression $p_0 = 10.0$bar, et le piston est au centre de l'enceinte, à l'abscisse $x = 0$.

1) Faire un schéma de l'état initial et donner les grandeurs utiles.
2) Calculer la quantité de matière n de gaz dans chaque compartiment.
3) On élève la température du gaz du compartiment de gauche jusqu'à $T_F = 350$ K, tout en maintenant la température du compartiment de droite à T_0. Calculer l'abscisse x du piston une fois le nouvel état d'équilibre atteint.

3 Calorimétrie

Les expériences de calorimétrie sont menées dans une enceinte (le calorimètre) suffisamment isolée pour éviter les échanges thermiques avec l'extérieur et elles sont réalisées sous pression atmosphérique constante. L'enceinte intérieure du calorimètre et ses accessoires (agitateur et thermomètre, par exemple) interviennent dans les échanges thermiques, puisque leur température varie au cours des expériences. On appelle $C = 130\text{JK}^{-1}$ la capacité thermique du calorimètre, c'est-à-dire de l'enceinte intérieure du calorimètre et ses accessoires. On réalise l'expérience de calorimétrie dont le protocole est le suivant

- Peser au préalable une quantité d'eau liquide à température ambiante, noter la masse $m_1 = 300$ g obtenue et verser cette eau dans le calorimètre, en mesurant sa température $T_1 = 20°$C.
- Placer la masse $m_2 = 100$ g de cuivre solide à la température $T_2 = 80°$C (auparavant dans une étuve dont la température est connue) dans le calorimètre.
- Fermer le calorimètre. Noter la valeur de température d'équilibre $T_3 = 22°$C.

1) En considérant comme système fermé le calorimètre et son contenu, montrer qu'au cours de cette expérience l'enthalpie H de ce système vérifie $\Delta H = 0$.
2) Expliquer pourquoi cette expérience permet de déterminer la capacité thermique massique du cuivre $c(\text{Cu})$.
3) Déterminer la valeur expérimentale de $c(\text{Cu})$.

4 Température finale et transfert thermique

Soit deux blocs de masse m supposés indilatables, de capacité thermique massique c et isolés du milieu extérieur. Les solides sont initialement aux températures $T_1 = 20°$C et $T_2 = 50°$C.

1) Déterminer la température finale du système.
2) Détailler les échanges d'énergie.
3) Reprendre la question 1 pour des blocs de capacité thermique massique c_1 et c_2 (on se limitera à l'expression litéralle).

5 Échanges thermiques dans un calorimètre

Un calorimètre de capacité calorifique $C_{\text{cal}} = 209$ J.K^{-1} contient une masse d'eau $m = 300$ g à la teméraure $\theta = 18°$C en équilibre thermique avec le vase intérieur. On introduit alors les masses : (1) $m_1 = 50$ g de cuivre à $\theta_1 = 30°$C, (2) $m_2 = 30$ g de plomb à $\theta_2 = 80°$C et (3) $m_3 = 80$ g de fer à $\theta_3 = 50°$C.
Quelle est la température finale θ_f d'équilibre (la donner en degrés Celsius et en Kelvin) ?
Données : $c_{\text{Pb}} = 129\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$; $c_{\text{Cu}} = 385\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$; $c_{\text{Fe}} = 452\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$; $c_{\text{eau}} = 4185\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$

6 Bilan d'énergie sur différents chemins

On étudie une détente de n moles d'un gaz parfait d'un état $A\,(3p_0, V_0)$ à un état $B\,(p_0, 3V_0)$. On considère plusieurs chemins possibles.

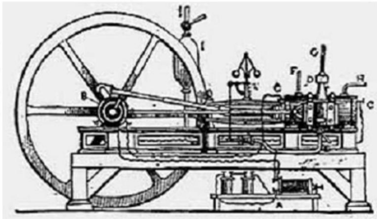
- Chemin 1 : refroidissement isochore de A à $A_1\,(p_0, V_0)$ puis détente isobare de A_1 à B.
- Chemin 2 : détente isobare de A à $A_2\,(3p_0, 3V_0)$ puis refroidissement isochore de A_2 à B.
- Chemin 3 : détente isotherme de A à B.

1) Quelle est la variation d'énergie du gaz lors de ces transformations ?
2) Pour quel chemin le transfert thermique est-il le plus faible ?
3) Calculer le travail et la chaleur reçue pour chaque transformation. Sachant que $p_0 = 1.0 \times 10^5$ Pa, $V_0 = 5.0$ L et $C_v = \frac{5}{2}nR$.

$\boxed{7}$ Étude du cycle de Lenoir

On considère une mole de gaz parfait diatomique subissant une transformation cyclique suffisamment lente pour qu'on puissent considérer qu'il y a équilibre thermodynamique interne du système. L'état initial est caractérisé par sa pression $p_0 = 2.0 \times 10^5$ Pa et son volume $V_0 = 20$ L. On fait subir successivement à ce gaz :

- un compression isobare, qui divise par deux son volume ;
- un chauffage isochore ;
- une compression adiabatique, qui le ramène à son état initial.



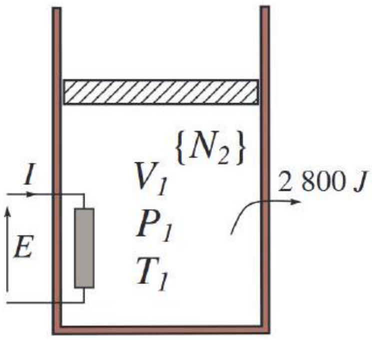
On admettra que le gaz suit, au cours de la détente adiabatique, une loi polytropique de la forme $pV^\gamma =$ constante, avec $\gamma = 1,4$. On rappelle que la capacité thermique molaire à volume constant d'un gaz parfait diatomique vaut

$$C_{Vm} = \frac{5}{2}R = \frac{R}{\gamma - 1}.$$

1) Représenter l'allure du cycle dans un diagramme de Watt.
2) Déterminer les pressions et volumes du système entre chaque transformation.
3) Calculer le travail et le transfert thermique reçus par le gaz, et les variations d'énergie interne du gaz au cours de chaque étape.
4) Calculer ces mêmes quantités pour le cycle complet.
5) Commenter les résultats.

$\boxed{8}$ Chauffage d'un gaz à l'aide d'un élément électrique

Soit un système piston-cylindre contenant $V_1 = 0,5$ m^3 d'azote à $p_1 = 400$kPa et à $\theta_1 = 27$°C. L'élément chauffant électrique est allumé, et un courant $I = 2$ A y circule pendant $\tau = 5$ min sous la tension $E = 120$ V. L'azote se détend de manière isobare. Au cours de cette transformation, l'ensemble {gaz, cylindre,élément chauffant } cède à l'extérieur un transfert thermique $Q_{\text{ext}} = 2.8 \times 10^3$ J.



Déterminer la température finale T_2 de l'azote.
Données : M (N_2) est supposée connue ; capacité thermique massique à pression constante du diazote : $c_P = 1.039$ kJ K^{-1} kg^{-1}.

$\boxed{9}$ Calculs de travaux et de transferts thermiques

On considère trois moles de dioxygène, gaz supposé parfait, qu'on peut faire passer, de manière à conserver l'équilibre thermodynamique interne à tout instant, de l'état initial $A\,(p_A, V_A, T_A)$ à l'état final $B\,(p_B, V_B, T_B)$, par trois transformations distinctes :

- transformation $A1B$ isotherme,
- transformation $A2B$ représentée par une droite dans le diagramme (p, V),
- transformation $A3B$ composée d'une transformation à volume constant, suivie d'une transformation à pression constante.

On donne $p_B = 3p_A, T_A = 300$ K, $R = 8,31$ J $\cdot$ mol$^{-1} \cdot$ K^{-1}.

1) Représenter les trois transformations dans le diagramme (p, V).
2) Déterminer la température T_B et le volume V_B.
3) Calculer les travaux reçus par le système, pour ces trois transformations. Commenter.
4) Calculer les transferts thermiques thermiques reçus par le système, pour ces trois transformations.

10 Compressions d'un gaz parfait

Un gaz parfait est placé dans une enceinte diathermane (non calorifugée) cylindrique de section $S = 20\ \mathrm{cm}^2$ munie d'un piston. Le piston coulisse verticalement sans frottement, son poids pouvant être supposé négligeable devant les forces de pression. Initialement, le gaz est en équilibre avec l'atmosphère $T_1 = 293$ K et $p_1 = 1.0$bar. Le volume initial de l'enceinte est de $V_1 = 5.0$ L. On pose sur le piston, une masse $M = 1.0$ kg. Le piston descend brusquement puis se stabilise. La compression, rapide, est supposée adiabatique.

1) Déterminer la pression p_2 à la fin de cette compression.
2) Exprimer W_2 et Q_2 au cours de cette compression.
3) Par application du premier principe et l'équation d'état des gaz parfaits, déterminer la température T_2 et le volume V_2 à la fin de la compression.
4) En déduire les valeurs de $\Delta U_2, W_2$ et Q_2.

À la suite d'échanges thermiques à travers les parois du cylindre, l'équilibre thermique se fait avec l'extérieur.

5) Comment peut-on qualifier cette transformation ?
6) Déterminer la pression final p_3 et le volume final V_3.
7) Déterminer $\Delta U_3, W_3$ et Q_3.
8) En déduire la variation totale d'énergie interne $\Delta U_2 + \Delta U_3$, le travail reçu $W_2 + W_3$ et la chaleur reçue $Q_2 + Q_3$ au cours de cette succession de transformations.

La masse précédente est déposée très lentement (sous forme de grains de sable) sur le piston.

9) Comment peut-on qualifier cette transformation ?
10) Déterminer la pression p_4, la température T_4 et le volume V_4 à la fin de cette compression.
11) Déterminer $\Delta U_4, W_4$ et Q_4 au cours de cette compression.

11 Cycle de transformation

Deux moles de gaz parfait diatomique subissent le cycle de transformations quasi-statiques et mécaniquement réversibles suivant

- une compression isotherme de l'état A à l'état B avec $T_A = T_B = 298$ K et $p_A = 1.0$bar ;
- un chauffage isobare de l'état B à l'état C avec $T_C = 400$ K ;
- une détente adiabatique ramenant le système de l'état C à l'état initial A.

1) Représenter le cycle de transformations dans un diagramme de Clapeyron.
2) Exprimer et calculer le travail et le transfert thermique pour chacune des transformations AB, BC et CA.
3) De quel type de machine thermique s'agit-il ?

12 Échauffement d'une bille en mouvement dans l'air

Une bille métallique, de capacité thermique massique c (supposée constante), est lancée vers le haut avec une vitesse $\vec{v}_0$, dans le champ de pesanteur $\vec{g}$ supposé uniforme. Elle atteint une altitude h, puis redescend.

1) Déterminer l'altitude maximale h_0 que peut atteindre la bille si on néglige les forces de frottement fluide entre l'air et la bille. Exprimer h_0 en fonction de v_0 et g.
2) On constate que l'altitude h est inférieure à h_0, à cause des forces de frottement. Calculer la variation de température ΔT de cette bille entre l'instant où elle est lancée et l'instant où elle atteint son point le plus haut en supposant que :
   - l'on néglige toute variation de volume de la bille ;
   - l'air ambiant reste macroscopiquement au repos ;
   - le travail des forces de frottement se dissipe pour moitié dans l'air ambiant et pour moitié dans la bille.

Exprimer ΔT en fonction de h_0, h, g et c.

3) Calculer h_0 puis ΔT.

Données : $g = 9,81\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}; c = 0,4\ \mathrm{kJ} \cdot \mathrm{kg}^{-1}; v_0 = 10\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}; h = 5$ m.

13 Comment sucrer son café ?

On dispose d'une tasse de café à 50°C. On désire y rajouter un morceau de sucre à 20°C. On voudrait cependant, qu'après ajout du sucre, le café soit toujours à 50°C.

1) À quelle température doit-on chauffer le café avant ajout du sucre, pour l'obtenir effectivement à 50°C après ?
2) À quelle vitesse doit-on jeter le sucre dans le café pour l'obtenir effectivement à 50°C après ?

Données : les capacités thermiques massiques sont

- $c_{\text{eau}} = 4,2\ \mathrm{kJ.K}^{-1} \cdot \mathrm{kg}^{-1}$
- $c_{\text{sucre}} = 1,4\ \mathrm{kJ} \cdot \mathrm{K}^{-1} \cdot \mathrm{kg}^{-1}$

14 Apport d'énergie électrique

Un récipient de volume $2V_0 = 4.0$ L est partagé en deux compartiments (1) et (2) séparés par une paroi mobile et athermane (calorifugée). Le premier compartiment est calorifugé, le deuxième est entouré de parois diathermes (non caloriguées). Chacun contient n moles d'un gaz parfait diatomique, qui occupe un volume initial V_0, sous la pression $p_0 = 1.0$ bar et la température $T_0 = 300$ K (égale à la température extérieure). Dans le compartiment (1) se trouve une résistance électrique R, dans laquelle on fait passer un courant I. Le phénomène, assez lent, conduit au bout d'un temps τ à obtenir une pression dans le compartiment (1) $p_1 = 2p_0$.

1) Déterminer et calculer les grandeurs p_2, V_2 et T_2 au bout du temps τ dans le compartiment (2).
2) En déduire les expressions et les valeurs de V_1 et T_1.
3) Déterminer et calculer les variations d'énergie interne ΔU_1 et ΔU_2.
4) Quel travail W_2 a été reçu par le compartiment (2) ? Combien vaut W_1 reçu par le compartiment (1) ?
5) Si $R = 1.0\Omega$ et $I = 5.0$ A, déterminer la valeur de τ.