

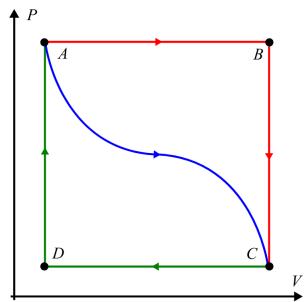
Physique II – Thermodynamique

Exercices 4

18 mars 2025

PROBLÈME I UNE QUESTION DE CHEMIN(S)

Sur la figure, le changement d'énergie interne de A à C le long du chemin bleu est +800 J. Le travail effectué sur le gaz le long du chemin rouge ABC est -500 J.



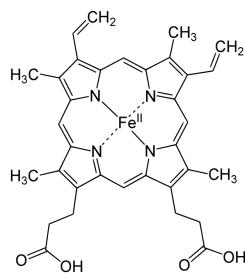
1. Combien d'énergie doit-on ajouter au système sous forme de chaleur quand on va de A à C en passant par B?
2. Si la pression au point A est cinq fois celle du point C, quel est le travail effectué sur le système de C à D?
3. Quelle est l'énergie échangée avec l'extérieur en chaleur quand le gaz va de C à A le long du chemin vert passant par D?
4. Si le changement d'énergie interne du point D au point A est de +500 J, combien d'énergie doit être ajoutée au système sous forme de chaleur quand il va du point C au point D?

PROBLÈME II DEGRÉS DE LIBERTÉ

Le nombre de degrés de liberté d'une molécule est un paramètre important pour déterminer les quantités macroscopiques telles que les capacités calorifiques. En utilisant les définitions

données en classe, calculez le nombre de degrés de liberté en translation, en rotation et les modes vibrationnels pour chacune des espèces suivantes:

- L'atome de He
- La molécule de HF
- La molécule de CO₂
- Le groupe heme B de l'hémoglobin, C₃₄H₃₂O₄N₄Fe:



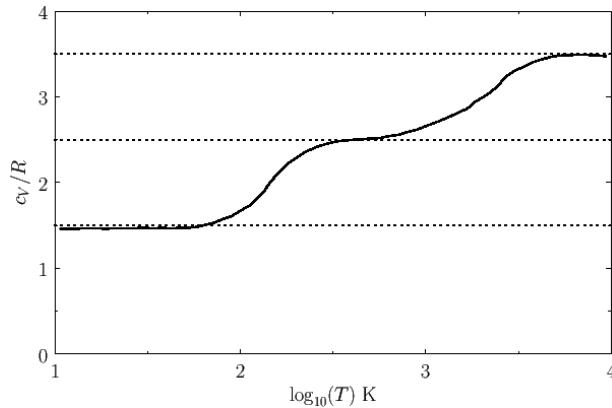
PROBLÈME III DÉTENTE D'UN GAZ

Calculer le travail fourni par la détente isotherme d'une mol de gaz parfait, en contact permanent avec un thermostat (Pression initiale p_1 ; pression finale p_2 à température T). On fera le calcul dans les trois cas suivants :

1. détente réversible ;
2. la pression chute brutalement de p_1 à p_2 ; (*N.B:* Le mot "brutalement" signifie qu'il s'agit d'une transformation irréversible durant laquelle la pression est considérée constante à la pression finale, ici p_2 .)
3. la pression chute brutalement de p_1 à $2p_2$, puis on laisse l'équilibre s'établir, puis on détend brutalement de $2p_2$ à p_2 ;
4. $p_1 = 3 \times 10^6$ Pa, $p_2 = 10^6$ Pa, $T = 25^\circ\text{C}$. Comparer le travail fourni dans chacun des cas.

PROBLÈME IV CAPACITÉ CALORIFIQUE

Le graphique suivant montre la capacité calorifique molaire à volume constant pour l'hydrogène moléculaire gazeux, en fonction de la température :



1. Expliquer quantitativement la forme de la courbe calorifique en fonction de la température.
2. Comment se comporterait la courbe pour l'argon et pour NO_2 ?

PROBLÈME V CYCLES ET EFFICACITÉS

Une machine thermique réel acquiert une quantité de chaleur $Q_c = 200 \text{ J}$ d'une source chaude qui se trouve à une température $T_c = 380 \text{ K}$, puis effectue un travail $W = -45 \text{ J}$. Le reste de la chaleur est transférée à un thermostat froid qui est à une température $T_f = 290 \text{ K}$.

Indice: Une machine thermique fonctionne en prenant de la chaleur d'une source chaude (T_c), en effectuant un travail utile, puis en rejetant une partie de la chaleur vers une source froide (T_f). L'efficacité d'une machine thermique est donnée par $\eta = \frac{W}{Q_c}$ où W est le travail qu'elle produit et Q_c est l'énergie thermique extraite de la source chaude. La machine de Carnot, qui est théorique, donne l'efficacité maximale possible, pour des températures T_c et T_f données: $\eta_{\text{carnot}} = \frac{T_c - T_f}{T_c}$

1. Calculer l'efficacité de la machine.
2. Calculer le travail perdu (énergie utile) dans chaque cycle à cause de l'irréversibilité du processus actuel par rapport au travail exercé par une machine idéale qui prendrait la

même quantité de chaleur de la source chaude mais ferait seulement des transformations réversibles.

PROBLÈME VI CYCLE DE STIRLING

N.B: Vous devez utiliser l'indice donné dans l'exercice précédent.

On considère n moles de gaz parfait (C_V supposé connu) qui subissent un cycle de Stirling ; cycle moteur des transformations quasi-statiques entre les températures T_c et T_f . Le cycle de Stirling est composé de deux isothermes et deux isochores.

1. Dessiner le cycle dans un diagramme (p, V).
Bien identifier les signes.
2. Calculer la chaleur et le travail échangés au cours de chacune des transformations du cycle.
3. Calculer le travail fourni par le cycle.
4. Calculer l'efficacité du cycle moteur et la comparer à l'efficacité d'un cycle de Carnot quasi-statique fonctionnant entre les mêmes températures.
5. Un "bon" moteur de Stirling comprend un régénérateur qui permet de stocker la chaleur lors d'une des isochores et de la récupérer à la deuxième isochore. Quelle est alors l'efficacité du cycle ?