

Thermodynamique Physique Phys4b

Sans document – durée 2h00 – Calculatrice autorisée – Téléphone portable éteint et rangé

I. Cycle de Carnot d'un gaz parfait

On fait subir à un gaz parfait un cycle de Carnot moteur décrit de façon réversible et composé de deux isothermes le long desquelles le gaz échange de la chaleur avec deux sources aux températures T_1 et $T_2 < T_1$, et de deux adiabatiques.

1. Représenter ce cycle dans un diagramme de Clapeyron puis dans un diagramme entropique. Que représente l'aire du cycle dans chacun des diagrammes ? Préciser le sens de parcours du cycle sur chaque diagramme.
2. Soient Q_1 la chaleur fournie par la source chaude, Q_2 la chaleur cédée par le gaz à la source froide et W le travail fourni par le gaz au cours du cycle.
 - a) Préciser les signes de Q_1 , Q_2 et W .
 - b) Ecrire les 1^{er} et 2^{ème} principes. En déduire le rendement ρ du cycle défini par $\rho = -\frac{W}{Q_1}$ en fonction de T_1 et T_2 . Que peut-on dire de ce rendement ?

II. Fonte d'un glaçon dans un verre d'eau

Un verre contient une masse d'eau $M = 100$ g à la température $T_1 = 293$ K. On plonge alors dans le verre un glaçon de masse $m = 20$ g à la température $T_2 = 273$ K. Pour simplifier on suppose qu'il n'y a aucun échange de chaleur avec l'air environnant. Lorsque le système (eau + glaçon) a atteint l'équilibre, seule une fraction de masse x du glaçon a fondu. La chaleur massique de l'eau est $c = 4.18$ kJ kg⁻¹ K⁻¹ et la chaleur latente massique de fusion de la glace est $L_f = 336$ kJ kg⁻¹. Déterminer :

1. la composition et la température T_1' du mélange à l'équilibre.
2. a) la variation d'entropie ΔS_1 de la masse d'eau initialement à l'état liquide.
b) la variation d'entropie ΔS_2 de la masse d'eau initialement à l'état solide.
c) En déduire la variation d'entropie ΔS du système total. La transformation est-elle réversible ?

III. Désaimantation adiabatique

Un matériau magnétique, de moment magnétique M , est soumis à une induction magnétique B . L'effet des forces de pression sur le matériau est négligé. Dans toute la suite du problème nous considérons exclusivement des évolutions réversibles du matériau.

1. Sachant que le travail élémentaire est $\delta W = BdM$ déterminer la variation d'énergie libre dF en fonction des variations de température dT et de moment magnétique dM . On notera S l'entropie du matériau.
2. Sachant que l'énergie libre est $F = F(T, M) = F_0 + \frac{1}{2}aTM^2 + \frac{1}{4}bM^4$ où T est la température absolue et a, b et F_0 sont des constantes positives, en déduire l'équation d'état $B = B(T, M)$ du matériau.
3. Compte tenu de l'expression de δW , par analogie avec les systèmes thermoélastiques, définir l'enthalpie H du matériau en fonction de l'énergie interne U et des variables d'état B et M .
4. Déterminer la variation d'enthalpie libre dG en fonction des variations de température dT et d'induction magnétique dB .
5. La quantité de chaleur élémentaire est donnée par $\delta Q = C_B dT + kdB$ où C_B est la capacité calorifique à induction magnétique constante, supposée positive. Ecrire dS et exploiter que dG est une différentielle totale exacte pour montrer que $k = T \left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_B$.
6. Utiliser l'équation d'état trouvée à la question 2 pour déterminer k en fonction de a, b, M et T . Quel est le signe de k ?
7. Montrer qu'une désaimantation adiabatique réversible s'accompagne d'un refroidissement du matériau.