

DM n° 16 de Physique

Deuxième principe de la Thermodynamique

Échauffement d'un solide

On souhaite étudier l'évolution thermodynamique d'un solide de masse $m = 1,0 \text{ kg}$, de capacité thermique massique $c = 10 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$, se trouvant initialement à la température $T_1 = 273 \text{ K}$, placé dans une grande quantité d'eau (constituant un thermostat) à la température $T_2 = 373 \text{ K}$.

A Variation d'entropie du solide

On ne considère pas nécessairement dans cette partie la transformation réelle du solide dans l'eau, mais simplement le système {solide} changeant de température T entre T_i et T_f .

1. À l'aide du premier principe de la thermodynamique, exprimer le transfert thermique Q reçu par le solide en fonction de m , c , T_i et T_f .
2. De façon analogue et entre deux températures infiniment proches T et $T + dT$, exprimer le transfert thermique élémentaire δQ reçu par le solide.
3. En déduire, sur une transformation entre T_i et T_f , que la variation d'entropie ΔS_{solide} du solide s'exprime

$$\Delta S_{\text{sol}} = m c \ln \left(\frac{T_f}{T_i} \right)$$

On précisera avec rigueur la transformation considérée et le raisonnement tenu.

B Étude de la transformation réelle

On considère à nouveau désormais le système décrit dans le premier paragraphe du problème.

4. Quelles sont les températures du solide et du thermostat à l'équilibre thermodynamique?
5. Expliquer ce qui permet de réutiliser dans ce cas le résultat de la question 0.3. Donner l'expression avec les données du problème et faire l'application numérique.
6. Déterminer la variation d'entropie ΔS_{eau} de l'eau lors de ce processus, en fonction de m , c , T_1 et T_2 . Faire l'application numérique.
7. En déduire la variation de l'entropie de l'univers $\Delta S_{\text{univers}}$, constitué par l'ensemble {solide+thermostat}, lors de ce processus. Faire l'application numérique.
8. Commenter ce résultat.

On découpe le processus précédent en une infinité de petits processus au cours desquels on élève la température du solide de T à $T + \Delta T$ (avec $\Delta T \ll T$) par contact avec une infinité de thermostats de températures infiniment proches les unes des autres.

9. Montrer que, pour une étape intermédiaire, on peut écrire

$$\Delta S_{\text{univers}} = m c \left(\ln \left(1 + \frac{\Delta T}{T} \right) - \frac{\Delta T}{T + \Delta T} \right)$$

10. En développant ce résultat au deuxième ordre en $x = \frac{\Delta T}{T}$, montrer que $\Delta S_{\text{univers}}$ est proportionnelle à x^2 .
11. En déduire que ce processus peut être rendu réversible à la limite où la variation de température ΔT entre deux thermostats successifs tend vers zéro.