

EXERCICE 1 : CALCUL DE L'ENTROPIE ABSOLUE D'UN CORPS PUR

À 273,15 K et sous la pression standard P^0 de 10×10^5 Pa, la entropie molaire standard de l'eau solide est : $s^0 = 41,3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Calculer l'entropie molaire standard de l'eau vapeur à la température $T = 400 \text{ K}$.

Données thermodynamiques pour l'eau à la pression standard $P^0 = 10 \times 10^5$ Pa :

- température de fusion : $T_{fus} = 273,15 \text{ K}$;
- température de vaporisation : $T_{vap} = 372,79 \text{ K}$
- chaleur latente molaire de fusion à 273,15 K : $L_{fus} = 6020 \text{ J mol}^{-1}$;
- chaleur latente molaire de vaporisation à 372,79 K : $L_{vap} = 40\,700 \text{ J mol}^{-1}$;

Capacité thermique molaire de l'eau en $\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$:

- état liquide : $c_{P,l} = 75,37$;
- état vapeur : $c_{P,v} = 34,39 + 6,28 \times 10^{-3}T + 5,61 \times 10^{-6}T^2$.

EXERCICE 2 : VARIATION D'ENTROPIE DANS UN MÉLANGE EAU-GLACE

Dans un récipient parfaitement adiabatique contenant une masse m_{eau} de 1 kg d'eau à $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$, on place un bloc de glace à $\theta_0 = 0^\circ\text{C}$, de masse $m_{glace} = 500 \text{ g}$. Déterminer :

1. la composition et la température du mélange à l'équilibre ;
2. la variation d'entropie au cours de cette évolution :
 - (a) de la masse d'eau ;
 - (b) de la masse de glace ;

La transformation est-elle réversible ?

Données : Capacité thermique massique de l'eau $c'_{eau} = 4,2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Chaleur de fusion de la glace à 100°C : $L_{fus} = 333 \text{ kJ kg}^{-1}$

EXERCICE 3 : PRÉPARATION D'UNE BOISSON FRAÎCHE

Un récipient A, de capacité thermique C, contient une masse m_0 de 0,4 kg d'eau à une température $\theta_0 = 25^\circ\text{C}$ (conditions initiales). On introduit dans ce récipient une masse de glace m_g égale à 0,080 kg et dont la température θ_1 est de -18°C .

1. Définir un système fermé adapté à l'étude de cette transformation.
2. Calculer la température T_2 de ce système à l'équilibre.
3. Calculer la production d'entropie σ lors de la transformation.

Hypothèses :

- le récipient est en équilibre thermique avec son contenu dont la température d'équilibre est homogène ;
- les transformations sont adiabatiques et isobares ($P = 1 \text{ bar}$) ;

Capacité thermique massique à pression constante $\text{kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$:

- de l'eau liquide : $c'_{P,eau} = 4,19$;
- de la glace : $c'_{P,glace} = -0,00137 + 0,00744T$ (le domaine de validité du modèle étant $250 \leq T \leq 273,15 \text{ K}$)

Capacité thermique du récipient : $C = 280 \text{ J K}^{-1}$.

Chaleur latente de fusion de la glace à 0°C et 1 bar : $L_{fus} = 333,5 \text{ kJ kg}^{-1}$.

EXERCICE 4 : VARIATION D'ENTHALPIE ET D'ENTROPIE

1. Calculer les variations d'enthalpie et d'énergie interne de 1 kg d'eau liquide à 100 °C que l'on vaporise sous la pression $P = 1$ bar. On supposera la vapeur d'eau comme un gaz parfait.
2. En déduire la quantité de chaleur qu'il faut fournir à un litre d'eau à 25 °C pour la transformer en vapeur à 100 °C, sous 1 bar, dans un récipient de volume constant.

Données :

- chaleur latente de vaporisation de l'eau à 100 °C : $L_{vap} = 2257 \text{ kJ kg}^{-1}$;
- masse molaire de l'eau : 18 g mol^{-1} ;
- volume molaire à 100 °C et 1 bar : $30,6 \text{ L}$;
- capacité thermique massique de l'eau liquide : $c'_{P,eau} = 4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

EXERCICE 5 : TEMPÉRATURES DE ROSÉE ET DE GIVRE DE L'AIR HUMIDE

Lors de refroidissement isobare de l'air humide, on peut observer la formation d'eau liquide (la température est égale à la température de rosée) ou de givre (on parle de température de givre).

1. En vous appuyant sur le digramme de phase de l'eau, indiquer dans quelles conditions l'un ou l'autre phénomène peut être observé.
2. Établir en intégrant la relation de Clapeyron :
 - (a) la courbe de vaporisation de l'eau entre son point triple et 10 °C ;
 - (b) la courbe de sublimation de l'eau entre son point triple et -10 K

Hypothèses et données :

- la vapeur d'eau et l'air humide se comportent comme des gaz parfaits ;
- la chaleur latente de vaporisation de l'eau est constante et vaut 2500 kJ kg^{-1} ;
- la chaleur latente de fusion de la glace est constante et égale à $332,4 \text{ kJ kg}^{-1}$;
- le volume des phases condensées est négligeable devant celui de la vapeur.
- coordonnées du point triple de l'eau : $\theta_0 = 0,01 \text{ °C}$ et $P_0 = 611 \text{ Pa}$.