

Physique II - thermodynamique

Série supplémentaire

Exercice 1 – Gaz de van der Waals

On considère l'équation d'état de van der Waals pour une mole de gaz ($n = 1$) :

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT.$$

Le gaz est mécaniquement stable tant que $\partial p / \partial V < 0$. On appelle spinodale le lieu de points dans le diagramme (p, V) pour lesquels $\partial p / \partial V = 0$.

1. Montrer que l'équation de la spinodale est donnée par

$$\frac{(V - b)^2}{V^3} = \frac{RT}{2a},$$

et en déduire l'équation de la spinodale $p = f(V)$.

2. Calculer les coordonnées (p_c, V_c) du sommet de la spinodale, ainsi que la température T_c correspondante.
3. Montrer que pour un fluide de van der Waals, le rapport $P_c V_c / T_c$ est universel (i.e. indépendant de a et b).

Exercice 2 – Gaz de van der Waals à dilution infinie

On considère l'équation d'état d'un gaz de van der Waals, exprimée en fonction de p :

$$p = \frac{nRT}{V - nb} - a \frac{n^2}{V^2}.$$

1. Étudier le comportement asymptotique d'un gaz de van der Waals pour une dilution infinie ($V \rightarrow +\infty$ ou $n \rightarrow 0$).
2. Qu'est-ce qui se passe si l'on augmente la température ($T \rightarrow +\infty$) ?

Exercice 3 – Distribution de Maxwell-Boltzmann

On considère 0,5 moles d'hydrogène à 300 K. En se basant sur la distribution des vitesses de Maxwell-Boltzmann, calculer :

1. La vitesse moyenne.
2. La vitesse quadratique moyenne.

3. La vitesse la plus probable.
4. Le nombre de molécules avec une vitesse comprise entre 400 et 401 m/s.

Rappel :

$$\int_0^{+\infty} e^{-x^2} dx = \sqrt{\pi}/2.$$

Exercice 4 – Températures de mélanges

On veut chauffer 1 litre d'eau initialement à 25 °C à 50 °C en plongeant 250 g d'aluminium dedans. À quelle température doit-on chauffer l'aluminium ?

A.N. : $c_{Al} = 0.214 \text{ cal/g/}^{\circ}\text{C}$

Exercice 5 - Volume molaire partiel

Un mélange contenant 20% d'éthanol et 80% d'eau (en masse) présente une masse volumique de 968.7 kg m⁻³ à 20 °C. Le volume molaire partiel de l'éthanol dans la solution étant de 52.2 cm³ mol⁻¹, calculez le volume molaire partiel de l'eau. (Les masses molaires de l'éthanol et de l'eau sont 46.07 g mol⁻¹ et 18.02 g mol⁻¹.)