6 mars 2025

Série 3 : Théorie cinétique des gaz et modèle du gaz parfait

Exercice 1: Le tube Néon (*Niveau 1*)

Un tube de longueur $L = 1\,\mathrm{m}$ et de section $S = 80\,\mathrm{mm}^2$ contient du néon (masse molaire $M_{Ne} = 20.2\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$), sous une pression $p = 1\,\mathrm{kPa}$, à la température $T = 300\,\mathrm{K}$.

(a) Calculer la masse de néon contenue dans le tube, l'énergie interne et la vitesse quadratique moyenne des molécules du gaz.

(b) On ajoute dans le tube $0.4\,\mathrm{mg}$ d'hélium (masse molaire $M_{He} = 4\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$). Quelles sont la pression partielle de ce gaz et la vitesse quadratique moyenne de ses molécules ? Calculer la pression totale et l'énergie interne totale.

(c) On diminue le volume de l'enceinte de 2% de façon isotherme (à température constante). Calculer les nouvelles valeurs de la pression, de l'énergie interne et des vitesses quadratiques.

Exercice 2: Distribution de Maxwell-Boltzmann (*Niveau 1-3*)

On considère $0,5$ moles d'hydrogène (H_2) à 300 K. En se basant sur la distribution des vitesses de Maxwell-Boltzmann, calculer:

(a) La vitesse moyenne.

(b) La vitesse quadratique moyenne $v_{rms} = \langle v^2 \rangle$.

(c) La vitesse la plus probable.

(d) Le nombre de molécules avec une vitesse comprise entre 400 et 401 $\mathrm{m\,s^{-1}}$.

Cet exercice peut être résolu soit en réutilisant les formules vues en cours (*Niveau 1*) soit en dérivant ces formules à partir de la loi de distribution de Maxwell-Boltzmann (*Niveau 3*).

Rappel $\int_0^{+\infty} \exp(-x^2)\,\mathrm{d}x = \sqrt{\pi}/2$.

Exercice 3: Deux ballons (*Niveau 1*)

Soient deux ballons B1 et B2. B1, de volume V_1, contient du dioxyde de carbone sous la pression p_1. B2, de volume V_2, contient de l'oxygène moléculaire sous la pression p_2. La température est $T_0 = 0$ °C. On relie B1 et B2 par un tube très fin.

(a) L'équilibre étant établi, la température étant toujours 0 °C , calculer les pressions partielles p_{p1} de dioxyde de carbone et p_{p2} d'oxygène dans le mélange.

(b) Quelle est la pression totale p_T et quelle est la masse volumique μ_0 du mélange ?

(c) On porte la température de l'ensemble de 0 °C à 15 °C . La dilatation des ballons étant négligeable, que deviennent la pression totale et la masse volumique du mélange ?

Application Numérique: $V_1 = 3$ L; $V_2 = 1$ L; $p_1 = 4$ atm; $p_2 = 6$ atm; $M_{CO_2} = 44$ gmol^{-1}; $M_{O_2} = 32$ gmol^{-1}

Exercice 4: Un plongeur à l'équilibre (*Niveau 2*)
Un plongeur en apnée doit palmer pour arriver à descendre depuis la surface, mais à partir d'une certaine profondeur, il commence à couler et doit au contraire palmer pour remonter.

La densité moyenne d'un corps humain dépend, entre autres, du volume V_{gaz} occupé par les gaz présents dans son corps (principalement air dans les poumons). On considère un plongeur à une profondeur h par rapport à la surface d'un lac ou de la mer de densité volumique ρ. Soit 37°C la température du plongeur, $m = 80$ kg sa masse, et $V = V_0 + V_{\text{gaz}}$ son volume, où V_0 est le volume constant occupé par les tissus incompressibles mais déformables du plongeur (muscles, os, graisse...). On estime que la densité des tissus est $\rho_0 = m/V_0 = 1060$ kg m^{-3}, et qu'approximativement $n = 0,25$ moles de gaz sont contenues dans ses poumons. La pression à la surface est $p_0 = 10^5$ Pa.

Calculer la profondeur limite h_0 pour laquelle le plongeur n'est plus poussé vers le haut et se met à couler à pic, s'il plonge dans un lac ($\rho = 1000$ kg m^{-3}) ou dans la mer ($\rho \approx 1025$ kg m^{-3}).