Introduction à la thermodynamique

1 Pression des pneus *

La "pression" (en fait c'est la surpression, comptée à partir de la pression atmosphérique) préconisée sur les roues avant d'une Mégane est de 2,2 bar. J'ai réglé la pression des pneus de ma voiture un jour froid cet hiver, par une température extérieure de $-5^{\circ}\mathrm{C}$.
En supposant que le volume des pneus ne varie pas et qu'il n'y a aucune fuite d'air possible, quelle sera l'indication du manomètre un jour chaud cet été, par une température extérieure de $30^{\circ}\mathrm{C}$?

2 Fuite d'hélium *

On considère une bouteille de volume constant $V=10$ L contenant de l'hélium, modélisé comme un gaz parfait monoatomique, à la pression $p=2,1$ bar et à la température $T=300$ K.
Données : masse molaire de l'hélium $M=4,0\ \mathrm{g}\cdot\mathrm{mol}^{-1}$, constante de Boltzmann $k_{\mathrm{B}}=1,38\cdot 10^{-23}\ \mathrm{J}\cdot\mathrm{K}^{-1}$.
1 - Calculer la masse m d'hélium contenue dans la bouteille et la densité particulaire $n^{\star}$, c'est-à-dire le nombre d'atomes par unité de volume.
2 - Calculer la vitesse quadratique moyenne des atomes.
3 - À la suite de l'ouverture de la bouteille, la pression passe à $p'=1,4$ bar et la température à $T'=290$ K. Calculer la masse Δm de gaz qui s'est échappé de la bouteille.
4 - À quelle température T'' faudrait-il porter le gaz pour atteindre à nouveau la pression p ?

3 Évaporation d'une atmosphère *

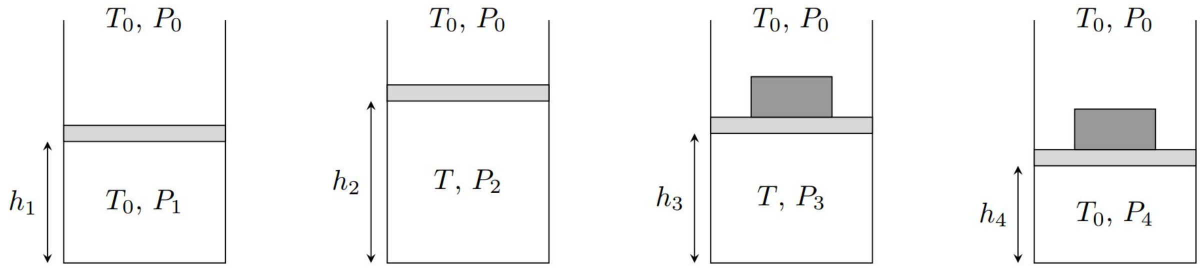
On rappelle que la vitesse de libération est la vitesse minimale que doit atteindre un projectile, pour échapper à l'attraction d'un astre (pour être dans un état de diffusion).
1. Calculer numériquement, à la surface de la Terre et de la Lune, pour une température $T=300$ K, la vitesse de libération v_L et la vitesse quadratique moyenne v^* du dihydrogène et du diazote. Commenter.
2. Quelle devrait être l'ordre de grandeur de la température T pour que le diazote, constituant majoritaire de l'atmosphère terrestre, échappe quantitativement à l'attraction terrestre ?
Données : $G=6.67\times 10^{-11}\ \mathrm{m}^3\ \mathrm{kg}^{-1}, R_T=6.4\times 10^6\ \mathrm{m}, R_L=1.8\times 10^6\ \mathrm{m}, m_T=6\times 10^{24}\ \mathrm{kg}, m_L=7.4\times 10^{22}\ \mathrm{kg}, M\left(\mathrm{H}_2\right)=2\ \mathrm{g}\ \mathrm{mol}^{-1}, M\left(\mathrm{N}_2\right)=28\ \mathrm{g}\ \mathrm{mol}^{-1}, R=8.314\ \mathrm{J}\ \mathrm{K}^{-1}\ \mathrm{mol}^{-1}$.

4 Pluie sur une vitre **

La pluie tombe sur une fenêtre verticale d'aire $S=3\ \mathrm{m}^2$. Elle tombe constamment sous un angle $\theta=20^{\circ}$ par rapport à la verticale et avec une densité $n_g=1000$ gouttes identiques par m^3. Chaque goutte possède une vitesse $v=2\ \mathrm{ms}^{-1}$, une masse $m=0.1$ g et s'écrase sur la fenêtre (choc mou.)
Indications : Le volume d'un cylindre oblique est égal à la surface de base multipliée par la hauteur mesurée perpendiculairement aux bases.
1. Combien de gouttes rebondissent sur la fenêtre en une durée $\Delta t=1$ s ?
2. Exprimer littéralement la force horizontale exercée par ces gouttes sur la fenêtre.
3. Exprimer littéralement la pression exercée par ces gouttes sur la fenêtre.
4. La calculer numériquement.
5. Que se passe-t-il si la pluie se transforme en grêle ?

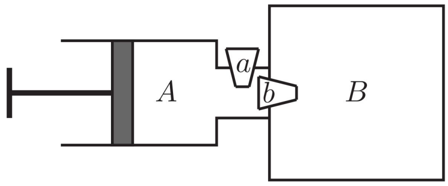
5 Gaz parfait dans une enceinte *

Une quantité de matière n de gaz parfait est enfermée dans une enceinte de surface de base S. Cette enceinte est fermée par un piston de masse m, à même de coulisser sans frottement, et permet les transferts thermiques, si bien que lorsqu'on attend suffisamment longtemps le gaz contenu dans l'enceinte est en équilibre thermique avec l'extérieur. Le milieu extérieur se trouve à température et pression constantes T_0 et P_0. On fait subir au gaz la série de transformations suivante.
▷ Initialement, dans l'état (1), le système est au repos depuis suffisamment longtemps pour avoir atteint l'équilibre thermique et mécanique ;
▷ Le gaz est chauffé jusqu'à ce qu'il atteigne la température $T>T_0$, plaçant le système dans l'état (2) ;
▷ Une masse supplémentaire M est brusquement placée par dessus le piston : avant tout transfert thermique, le système est dans l'état (3) ;
▷ Enfin, l'équilibre thermique est atteint, le système est alors dans l'état (4).
Déterminer les quatre positions du piston h_1 à h_4.



$\boxed{6}$ Pompe à vélo **

On utilise une pompe dont le corps A a un volume maximal $V_P = 200$ mL pour gonfler d'air une chambre à air B supposée de volume constant $V_0 = 5$ L. Les soupapes (a) et (b) ne laissent passer l'air que dans un sens.



Lors de chaque coup de pompe, le piston effectue un aller-retour complet faisant varier A d'un volume nul à un volume V_P. On suppose les évolutions isothermes. Au début de l'opération, la température de l'air est $T_0 = 298$ K et sa pression $P_0 = 1,0$ bar dans tous les compartiments et à l'extérieur. $R = 8,31\ \mathrm{J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}}$.

1 - Préciser le sens dans lequel les soupapes laissent passer l'air.

2 - Calculer la pression de l'air P_1 à l'intérieur de B au bout du premier aller-retour.

3 - Établir la relation entre P_k, P_0, V_P, V_0, et k. (P_k désigne la pression dans la chambre à air après k coups de pompe). Calculer le nombre de coups de pompe nécessaires à gonfler jusqu'à $P_f = 5$ bar.

Rép :

$\boxed{1}$ 2,6 bars

$\boxed{2}$ $m = 3,4$ g, $n^* = 5,1.10^{25}$ at/m^{-3} ; $u = 1,4.10^3$m/s ; $m' = 2,3g$; $T'' = 435$ K

$\boxed{3}$ $v_{l,Lune} = 2,3$ km/s, $v_{l,Terre} = 11$ km/s ; $v^*(H_2) = 1,9$ km/s, $v^*(N_2) = 520$ m/s

$\boxed{4}$ $\Delta N = v\Delta t S \sin\theta n_g ; F = mv^2 S \sin^2\theta n_g ; P_{\text{pluie}} = 0,3$ Pa ; $P_{\text{grêle}} = 0,6$ Pa

$\boxed{5}$ $h_1 = \dfrac{nRT_0}{mg + P_0 S} ; h_2 = \dfrac{nRT}{mg + P_0 S} ; h_3 = \dfrac{nRT_0}{(m+M)g + SP_0} ; h_4 = \dfrac{nRT_0}{(m+M)g + SP_0}$

$\boxed{6}$ L'air passe de A vers B ; $P_1 = P_0\left(1 + \dfrac{V_p}{V_0}\right)$; $P_k = P_0 + kP_0 \dfrac{V_p}{V_0} ; k = \dfrac{(P_f - P_0)V_0}{P_0 V_P} = 100$