

Enceinte dans une mine:

Soit une enceinte calorifugée à parois rigides contenant une mole de gaz parfait monoatomique à température ambiante ($T_I = 268\text{K}$).

- 1) L'enceinte est descendue dans une mine sur un dénivelé de 1000 m. Le champ de pesanteur étant supposé uniforme, quelle est la température T_F du gaz dans l'état final? (masse molaire du gaz: $M_{Ar} = 40\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)

Nous désirons maintenant retrouver ce résultat par une approche microscopique:

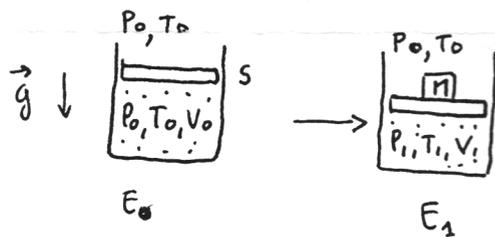
- 2) Supposant les chocs élastiques avec les parois, proposez une expérience de pensée qui permette d'expliquer qualitativement $\Delta T = T_F - T_I$.
- 3) Soit une enceinte dont la vitesse des atomes est \vec{v} , cette enceinte est en mouvement à la vitesse \vec{v}_e , puis on l'immobilise, les particules ont alors une vitesse \vec{v}' : Quelle est la relation entre les vitesses quadratiques avant et après (\vec{v} et \vec{v}' sont les vitesses prises relativement à l'enceinte).
- 4) Retrouvez le résultat du 1)

F1: Soit une enceinte calorifugée à parois rigides contenant une mole de gaz parfait monoatomique à température ambiante ($T_I = 300\text{K}$).

L'enceinte est embarquée dans une F1, lorsque celle-ci atteint la vitesse de $509\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ on mesure la température du gaz T_F . Quelle est la valeur de T_F (masse molaire du gaz: $M_{Ar} = 40\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)?

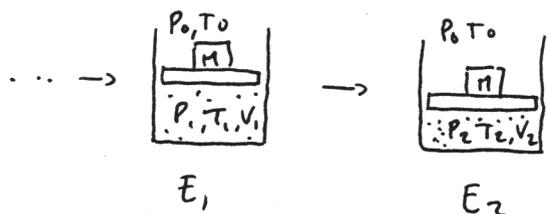
Quelle est la température du gaz quand la F1 retourne au stand?

Compression d'un gaz parfait: Soit un cylindre et un piston renfermant un gaz parfait. On dépose une masse π sur le cylindre à t_0 , suite à une compression brutale le système atteint une position d'équilibre intermédiaire. Au cours de cette compression rapide les transferts thermique avec l'extérieur n'ont pas eu le temps de ce faire. Calculer suite à cette première étape la température du gaz:



De même que valent P_1 et V_1 ?
Déterminez $Q_{0 \rightarrow 1}$, $W_{0 \rightarrow 1}$ et $\Delta U_{0 \rightarrow 1}$.

La paroi permettant les transferts thermique avec l'extérieur l'équilibre thermique avec l'extérieur va s'effectuer (transformation lente):



Que valent: P_2 , V_2 et T_2 ?

Déterminez: $Q_{0 \rightarrow 2}$, $W_{0 \rightarrow 2}$ et $\Delta U_{0 \rightarrow 2}$

Faire un bilan d'énergie sur la transformation totale de l'état 0 à l'état 2.

A.N.: $S = 0,01 \text{ m}^2$; $T_0 = 300 \text{ K}$; $\pi = 102 \text{ kg}$; GPD ; $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$; $P_0 = 1 \text{ bar}$
 $V_0 = 100 \text{ L}$

Corrections.

Enceinte dans une mine:



1) 1^{er} principe :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta E = W + Q \\ E = E_m + U \\ E_m = E_p + E_c \end{array} \right.$$

calorifugée $\Rightarrow Q = 0$

rigide $\Rightarrow dV = 0 \Rightarrow W = 0$

(E_p, E_c : énergies potentielles et cinétiques macroscopiques)

$$\Rightarrow \Delta E_p + \Delta E_c + \Delta U = 0 \text{ or } \Delta E_c = 0 \Rightarrow \Delta E_p + \Delta U = 0$$

or $\Delta E_p < 0 \Rightarrow \Delta U > 0 \Rightarrow$ la température du gaz augmente!

$$\Rightarrow -mgh + \frac{3}{2} n R \Delta T = 0 \Rightarrow \Delta T = \frac{2mgh}{3nR} \Rightarrow \boxed{\Delta T = \frac{2M_A g h}{3R}} \quad (n=1)$$

A.N: $\Delta T = \frac{2 \times 40.10^{-3} \times 10 \times 1000}{3 \times 8,31} \Rightarrow \boxed{\Delta T = 32K}$; $T_F = 300K$

2) Initialement l'enceinte est immobile, de \tilde{m} à la fin ; la température d'un gaz parfait dépend de son énergie interne or celle-ci est une fonction d'état : je peux imaginer le chemin que je veux de I à F.

Je lâche l'enceinte sans vitesse initiale celle-ci au fond de la mine atteint la vitesse $\sqrt{2gh}$ ($= 141 \text{ m.s}^{-1} = 509 \text{ km.h}^{-1}$).

Dans cette chute libre la température du gaz est-elle modifiée?

Non, l'ensemble chute en bloc et se retrouve un apesanteur. La vitesse statistique des particules par rapport à l'enceinte est la même.

Maintenant je bloque l'enceinte, les atomes voient l'enceinte venir sur eux à grande vitesse ($\sqrt{2gh}$) et sont accélérés : la vitesse quadratique augmente et la température aussi.

3)  $\vec{v}' = \vec{v} + \vec{v}_e \Rightarrow v'^2 = v^2 + v_e^2 + 2\vec{v} \cdot \vec{v}_e$

$$\Rightarrow \underline{v'^2 = v^2 + v_e^2}$$

$\Rightarrow \langle v'^2 \rangle = \langle v^2 \rangle + \langle v_e^2 \rangle + 2 \underbrace{\langle \vec{v} \rangle}_{\vec{0}} \cdot \underbrace{\vec{v}_e}_{\text{ne dépend pas de l'atome}}$

4) $v'^2 = \frac{3k_B T_I}{m_{Ar}} \Rightarrow \frac{3k_B T_F}{m_{Ar}} = \frac{3k_B T_I}{m_{Ar}} + 2gh \Rightarrow \Delta T = \frac{2mgh}{3k_B}$, $k_B = \frac{N}{N_A}$

$\Rightarrow \boxed{\Delta T = \frac{2M_A g h}{3R}}$, on retrouve le m^{me} résultat ! $m_{Ar} = \frac{M_{Ar}}{N_A}$

$F1$: $\Delta E = W + Q$ (1^{er} principe), $\Delta E_p = 0 \Rightarrow \Delta E_c + \Delta U = 0$
 $\Delta E_c > 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \Rightarrow$ la température du gaz diminue!
 $\frac{1}{2} M_{Ar} v^2 = -\frac{3}{2} R \Delta T \Rightarrow \Delta T = -\frac{M_{Ar} v^2}{3R}$ AN: $\Delta T = -32K$

(Voir exercice d'avant!)

De retour au stand la température revient à la température initiale car U est une fonction d'état.

Compression d'un gaz parfait: 1^{er} étape: Même calcul que pour l'exercice 4 du TD sur les bilans d'énergie: (Transformation monobare)

$$P_1 = P_0 + \frac{\rho g}{s} \quad V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} = \frac{nRT_0}{P_0} \frac{1 + \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{\rho g}{P_0 s}}{1 + \frac{\rho g}{P_0 s}} = V_0 \frac{1 + \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{\rho g}{P_0 s}}{1 + \frac{\rho g}{P_0 s}}$$

AN: $T_1 = 386K$, $P_1 = 2 \text{ bar}$

$$Q_{0 \rightarrow 1} = 0 \quad W_{0 \rightarrow 1} = (P_0 + \frac{\rho g}{s})(V_0 - V_1) = \Delta U_{0 \rightarrow 1} = n \frac{R}{\gamma-1} T_0 \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{\rho g}{P_0 s} = V_0 \frac{\rho g}{\gamma s}$$

2^{em} étape: la transformation est lente; Il ya équilibre mécanique, et elle est quasistatique: la transformation est isobare.

E_2 : $P_2 = P_0 + \frac{\rho g}{s}$ $T_2 = T_0$ $\Delta U_{1 \rightarrow 2} = -\Delta U_{0 \rightarrow 1}$, $W_{1 \rightarrow 2} = (P_0 + \frac{\rho g}{s})(V_1 - V_2)$
 $= n \frac{R}{\gamma-1} (T_0 - T_1)$

$$\Rightarrow W_{1 \rightarrow 2} = (P_0 + \frac{\rho g}{s}) \left(\frac{nRT_1}{P_1} - \frac{nRT_2}{P_2} \right) = nR(T_1 - T_0)$$

$$\Delta U_{1 \rightarrow 2} = W_{1 \rightarrow 2} + Q_{1 \rightarrow 2} \Rightarrow Q_{1 \rightarrow 2} = nR(T_0 - T_1) \left[\frac{1}{\gamma-1} + 1 \right] \Rightarrow Q_{1 \rightarrow 2} = n \frac{R\gamma}{\gamma-1} (T_0 - T_1)$$

Sur toute la transformation: $\Delta U = 0$ (normal le gaz est parfait et) $T_i = T_f$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = n \frac{R\gamma}{\gamma-1} (-) \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{\rho g}{P_0 s} T_0 = -V_0 \frac{\rho g}{s} \Rightarrow Q = -V_0 \frac{\rho g}{s}$$

$$W = W_{0 \rightarrow 1} + W_{1 \rightarrow 2} = V_0 \frac{\rho g}{\gamma s} + nRT_0 \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{\rho g}{P_0 s} = V_0 \frac{\rho g}{s} \left(\frac{1}{\gamma} + \frac{\gamma-1}{\gamma} \right) \Rightarrow W = \frac{V_0 \rho g}{s}$$

Nous avons bien: $\Delta U = W + Q$!

AN: $W = 10000 \text{ J}$, $Q = -10000 \text{ J}$