

CORRIGE-TYPE D'EXAMEN DE THERMODYNAMIQUE APPLIQUEE

Solution d'Exercice 01 : (06 pts)

Calculer le volume V_0 de l'alcool dans le réservoir (03 pts)

Le phénomène de dilatation d'un liquide (alcool) à la température T dans le tube vérifie la relation suivante:

$$V_T = V_0(1 + \alpha \cdot T) \dots \dots \dots (1)$$

V_T : volume de mercure à la température T, V_0 : volume initial à la température initiale $T_0 = 0^\circ\text{C}$

$$(1) \rightarrow V_T - V_0 = \alpha \cdot V_0 \cdot T \rightarrow V_0 = (V_T - V_0) / (\alpha \cdot T) \dots \dots (2)$$

Le tube est entièrement rempli par la variation de volume entre 0 et 100°C ; soit :

$$V_{100} - V_0 = L \cdot \pi \cdot r^2 = 200 \cdot 3.14 \cdot (3.19)^2 = 6390.6 \text{ mm}^3 \dots \dots (3)$$

$$\begin{aligned} \text{A partir de (2) et (3) : } V_0 &= (V_{100} - V_0) / (\alpha \cdot (T = 100^\circ\text{C})) = 6390.6 / (0.001072 \times 100) \\ &= 59613.80 \text{ mm}^3 = 59.61 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

La masse m de l'alcool (1.5 pts)

$$m = V_0 \rho_{\text{Hg}} = 59.61 \cdot 0.79 = 47.1 \text{ g}$$

La sensibilité du thermomètre (1.5 pts)

Par définition la sensibilité du thermomètre est donnée par :

$$s = dh/dT = \Delta h / \Delta T = L / (T_{\text{max}} - T_0) = 20 / (100 - 0) = 0.2 \text{ cm}/^\circ\text{C}$$

Δh : la variation de la hauteur de colonne

Solution d'Exercice 02 (08 pts)

(02 pts)

Système froid S_1 (bloc de cuivre) $\rightarrow T_c = -20^\circ\text{C}$; $m_{fr} = 450$ g. Température finale : $T_f = ?$

on s'arrête premièrement à une température d'équilibre $T_f = 0^\circ\text{C}$ pour évaluer la chaleur cédée par l'eau servant à la geler (devient sous sous forme de glace).

Soit Q_1 l'énergie captée par le bloc de fer pour passer de -20°C à 0°C : $Q_1 = m_c \cdot c_c \cdot (T_f - T_c)$

$$\text{AN : } Q_1 = 450 \cdot 10^{-3} \cdot 380 \cdot (0 - (-40)) = \mathbf{6840 \text{ J}}$$

(02 pts)

Système chaud S_2 (Récipient + eau à 5°C) $\rightarrow T_e = 5^\circ\text{C}$; $m_e = 150$ g. Température finale : $T_f = ?$

(on la considère $T_f = 0^\circ\text{C}$ pour les raisons ci-dessus)

Soit Q_2 l'énergie cédée par l'eau pour passer de 5°C à 0°C : $Q_2 = m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} \cdot (T_f - T_e)$

$$\text{AN : } Q_2 = 150 \cdot 10^{-3} \cdot 4185 \cdot (0 - 5) = \mathbf{-3138.75 \text{ J}}$$

(02 pts)

Ici on constate que $|Q_1| > |Q_2|$ (normalement à l'équilibre thermique $\sum Q_i = 0$). Donc une autre quantité de chaleur Q nécessaire à être cédée pour assurer l'équilibre thermique. Cela signifie que l'eau continue de se refroidir, mais la condition de $T = 0^\circ\text{C}$ impose un changement d'état de l'eau de l'état liquide vers l'état solide (glace). Pas nécessairement que toute la quantité Q sert à geler la masse m_e . C'est pour ça on considère une masse m_g quelconque pour le changement de phase, ainsi :

$$Q_1 + Q_2 + Q = 0 \rightarrow Q = -Q_1 - Q_2 = -6840 + 3138.75 = \mathbf{-3701.25 \text{ J}}$$

$$Q = m_g \cdot L_f \rightarrow m_g = |Q| / L_f = 3701.25 / 334 \cdot 10^3 = \mathbf{0,011 \text{ kg} = 11 \text{ g}}$$

(02 pts)

Le système est donc composé de : $m_c = 450$ g de cuivre à la température de 0°C , $m_g = 11$ g de glace à la température de 0°C et $m_e = 150 - 11 = 139$ g d'eau à la température de 0°C .

Solution d'Exercice 03 (06 pts)

La transformation de l'air considéré étant isotherme : à n et T constante, on écrit :

$$p_1 V_1 = nRT_1$$

$$p_2 V_2 = nRT_2$$

(01.5 pts)

Avec, $T_1 = T_2$ (détente isotherme), donc :

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$\text{D'où : } V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{10 \cdot 10^5 \cdot 1}{1 \cdot 10^5} = 10 \text{ m}^3$$

1- Le travail issu de la détente de l'air : **(01.5 pts)**

$$W_{1-2} = - \int_1^2 p dV = -nRT \int_1^2 \frac{dV}{V} = -nRT \int_1^2 d(\ln V) = -nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

Avec : $nRT = p_1 V_1 = p_2 V_2$ et $p_1 = 10^6 \text{ Pa}$; $V_1 = 1 \text{ m}^3$

$$\text{D'où : } W_{1-2} = -10^6 \ln 10 = -2,3 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

2- La quantité de chaleur échangée par l'air : **(01.5 pts)**

$$Q_{12} = \int_1^2 m.c.dT = m.c \int_1^2 dT = m.c(T_2 - T_1), \quad \text{sachant que : } T_2 = T_1 \text{ (transf. isotherme)}$$

Alors : $Q_{12} = 0$

3- La variation en énergie interne de l'air lors de la détente isotherme : **(01.5 pts)**

La variation en énergie interne est donnée par : $\Delta U = Q + W$

$$\text{Donc, } \Delta U = Q + W = 0 - 2,3 \cdot 10^6 = -2,3 \cdot 10^6 \text{ J.}$$