

EXAMEN SEMESTRIEL DE CHIMIE II

Question de cours : (3 points)

- Énoncer le premier principe de la thermodynamique. (0,75)
- Donner la relation de Mayer reliant C_p et C_v pour un gaz parfait. (0,75)
- Dans quel cas on parle de réaction endothermique et de réaction exothermique ? (0,75)
- Énoncer la loi de Kirchhoff applicable à la thermochimie et donner sa formule. (0,75)

Exercice 1 (6 points)

1) On met en contact 20g de cuivre à 120°C, 30g de plomb à 50°C et 15g d'aluminium à (-40 °C).

- Quelle est la température d'équilibre du système ?

On donne la chaleur spécifique du cuivre: $390 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$; chaleur spécifique du plomb: $120 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ et chaleur spécifique de l'aluminium: $900 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$.

2) Dans un calorimètre vide, à $T_1 = 15,5^\circ\text{C}$. On verse une masse d'eau $m_e = 90\text{g}$ d'eau à $T_2 = 25^\circ\text{C}$. La température d'équilibre vaut $T_{eq} = 24,5^\circ\text{C}$.

- Calculer la valeur en eau μ du calorimètre.

3) Un calorimètre contient une masse $m_1 = 250\text{g}$ d'eau. La température initiale de l'ensemble est $T_1 = 18^\circ\text{C}$. On ajoute une masse $m_2 = 300\text{g}$ d'eau à la température $T_2 = 80^\circ\text{C}$. On mesure la température d'équilibre thermique $T_{eq} = 50^\circ\text{C}$.

- Déterminer la capacité thermique C du calorimètre. Chaleur massique de l'eau : $4185 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Exercice 2 (7 points)

On considère une mole de NO (gaz) supposé parfait, à qui on fait subir les transformations successives suivantes :

- Une compression isotherme réversible d'un état initial (1) à un état (2).
- Une détente adiabatique réversible de l'état (2) à l'état (3).
- Un chauffage isobare qui la ramène à l'état initial.

1) Calculer V_1 , V_2 , V_3 , T_2 et T_3 , Si $P_1 = 2 \text{ atm} = P_3$; $P_2 = 10 \text{ atm}$ et $T_1 = 300 \text{ K}$.

2) Représenter le cycle de transformation dans un diagramme de Clapeyron.

3) Calculer (en joules) le travail (W), la quantité de chaleur (Q), ΔU et ΔH , échangé par le système au cours de chaque transformation et au cours du cycle.

Données: $C_v = \frac{5R}{2}$, $C_p = \frac{7R}{2}$; $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}\text{mol}^{-1} = 0,082 \text{ Latm.K}^{-1}\text{mol}^{-1}$; $\gamma = 1,66$

Exercice 3 (4 points)

1) Soit la réaction de combustion suivante : $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4(\text{s}) + 7/2 \text{ O}_2(\text{g}) \longrightarrow 4 \text{ CO}_2(\text{g}) + 3 \text{ H}_2\text{O}(\text{l})$

- Calculer l'enthalpie de formation ΔH_f° du $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$.

Données: $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = -284 \text{ kJ/mol}$; $\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2(\text{g})) = -393 \text{ kJ/mol}$; $\Delta H_{\text{Combustion}}^\circ(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4(\text{s})) = -1488 \text{ kJ/mol}$

2) Calculer l'enthalpie de la liaison C—F de la réaction suivante, à la température de 25 °C :

$\text{CH}_4(\text{g}) + 4 \text{ F}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CF}_4(\text{g}) + 4 \text{ HF}(\text{g})$ $\Delta H_R^\circ = -1923 \text{ kJ/mol}$

Données: $\Delta H_f^\circ(\text{H}) = -412,6 \text{ kJ/mol}$; $\Delta H_f^\circ(\text{CF}_4) = -562,6 \text{ kJ/mol}$; $\Delta H_f^\circ(\text{F}) = -153 \text{ kJ/mol}$

NB : * Écrivez votre NOM et PRENOM (5) en FRANÇAIS ainsi que votre GROUPE.

* La calculatrice du Smartphone est strictement interdite.

Corrigé de l'examen SII de Chimie 2.

Reponses: 3pts

- 1) Un système évolue d'un état ① à ② en recevant une quantité de chaleur Q et un travail W ; le bilan d'énergie s'écrit: $\Delta U = W + Q$. (0,76)
- 2) Relation de Mayer $C_p - C_v = R$ ou $C_p = C_v + R$
- 3) Lorsque $\Delta H_r^\circ < 0$ la Rct est exothermique (0,76)
 " $\Delta H_r^\circ > 0$ " " Endothermique
- 4) Loi de Kirchhoff permet d'exprimer l'enthalpie molaire de Rct à température T_2 connaissant celle à T_1 .
 La Formule: $\Delta H_{r,T}^\circ = \Delta H_{r,298}^\circ + \int_{298}^T \Delta C_p dT$. (0,76)

Exo:01 1pt

1) a) \Rightarrow thermique = $\sum Q = 0$ (0,5)

$$Q_{Cu} + Q_{pb} + Q_{Al} = 0$$

$$m_{Cu} C_{Cu} (T_{eq} - T_1) + m_{pb} C_{pb} (T_{eq} - T_2) + m_{Al} C_{Al} (T_{eq} - T_3) = 0$$

$$T_{eq} = \frac{m_{Cu} C_{Cu} T_1 + m_{pb} C_{pb} T_2 + m_{Al} C_{Al} T_3}{m_{Cu} C_{Cu} + m_{pb} C_{pb} + m_{Al} C_{Al}}$$

$$T_{eq} = \frac{20 \cdot 380 \cdot (120 + 273) + 30 \cdot 120 \cdot (50 + 273) + 15 \cdot 900 \cdot (-40 + 273)}{20 \cdot 380 + 30 \cdot 120 + 15 \cdot 900}$$

$$T_{eq} = 296,13 \text{ K} = 23,15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Sigma Q = 0 \quad \text{a} \Rightarrow \text{thermische.} \quad (0,5)$$

$$Q_{\text{regu}} + Q_{\text{perdu}} = 0$$

$$Q_{\text{regu}} = Q_{\text{cal}} = \mu c (T_f - T_1) \quad (0,1)$$

$$Q_{\text{perdu}} = Q_{\text{con}} = m_2 c_{\text{con}} (T_f - T_2)$$

$$\mu c_{\text{con}} (T_f - T_1) + m_2 c_{\text{con}} (T_f - T_2) = 0 \Rightarrow \mu = \frac{m_2 c_{\text{con}} (T_f - T_2)}{c_{\text{al}} (T_1 - T_f)} \quad (0,5)$$

$$\mu = \frac{90 \cdot (25 - 24,5)}{(24,5 - 15,5)} = 5 \text{ g}$$

$$\underline{\underline{3}} \quad \Sigma Q = 0 \quad (0,5)$$

$$Q_{\text{regu}} = Q_{\text{cal}} = (m_2 c_{\text{con}} + C) (T_{\text{eq}} - T_2) \quad (0,1)$$

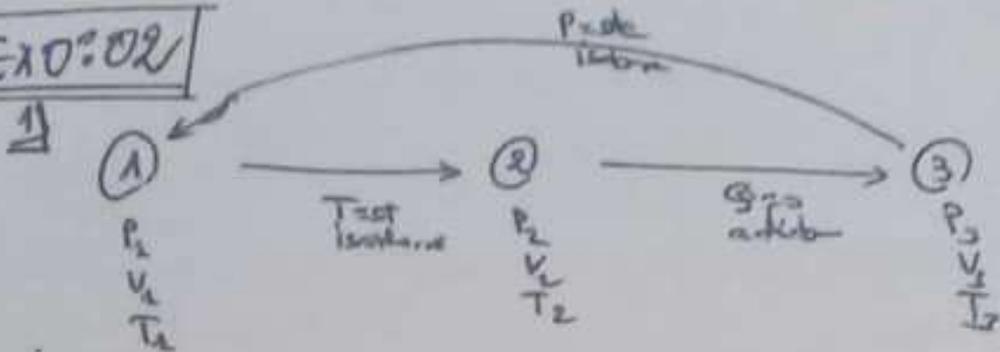
$$Q_{\text{perdu}} = Q_2 = m_2 c_{\text{con}} (T_{\text{eq}} - T_2)$$

$$Q_2 + Q_c = 0 \Rightarrow (m_2 c_{\text{con}} + C) (T_{\text{eq}} - T_2) + m_2 c_{\text{con}} (T_{\text{eq}} - T_2) = 0$$

$$C = \frac{+m_2 c_{\text{con}} (T_{\text{eq}} - T_2)}{T_1 - T_{\text{eq}}} - m_2 c_{\text{con}} \quad (0,6)$$

$$C = \left(\frac{0,3 \cdot 4185 (50 - 80)}{18 + 60} \right) - (0,26 \cdot 4185) = 130,8 \text{ J/K}$$

Exo: 02



$$\rightarrow P_1 V_1 = nRT_1 \Rightarrow V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} = \frac{1 \cdot 0,082 \cdot 300}{2} = 12,3 \text{ l} \quad (0,25)$$

$$\rightarrow P_2 V_2 = nRT_2 \Rightarrow V_2 = \frac{nRT_2}{P_2} = \frac{1 \cdot 0,082 \cdot 300}{10} = 2,46 \text{ l} \quad (0,25)$$

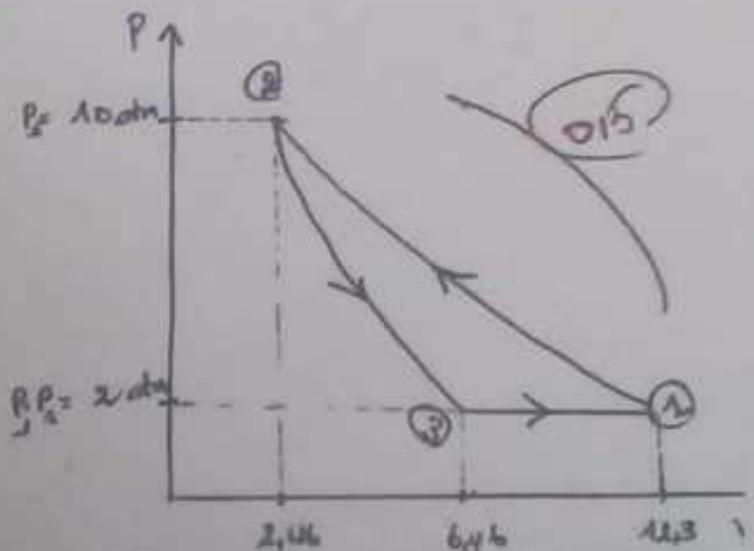
$$\text{Or } P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow V_2 = 2,46 \text{ l} \quad (0,25)$$

$$\rightarrow P_2 V_2 = P_3 V_3 \Rightarrow V_3 = \left(\frac{P_2}{P_3} \right) V_2 = \left(\frac{10}{2} \right) \cdot 2,46 = 123 \text{ l} \quad (0,25)$$

$$\rightarrow T_2 = T_1 = 300 \text{ K} \quad (0,25)$$

$$\rightarrow P_3 V_3 = nRT_3 \Rightarrow T_3 = \frac{P_3 V_3}{nR} = \frac{2 \cdot 123}{0,082} = 3000 \text{ K} \quad (0,25)$$

2) Diagramme =



3) transformation 1 → 2 isotherme

$$W_{1 \rightarrow 2} = - \int_{V_1}^{V_2} P dV = - \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (0,25)$$

$$= -1,8313 \cdot \ln \frac{2,46}{12,3} = 4012,32 \text{ J}$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = -W = -4012,32 \text{ J} \quad (0,25)$$

$$\Delta H_{1 \rightarrow 2} = 0 \quad (0,25)$$

Transformation ② → ③ adiabatique =

$Q = 0$ (0,25) $\Rightarrow W_{2 \rightarrow 3} = \frac{P_2 V_2 - P_3 V_3}{1-\gamma}$ ou

$W_{2 \rightarrow 3} = \Delta U = n C_V \Delta T = 1,3 \frac{R}{2} (T_2 - T_3) = 1,3 \frac{8,31}{2} (157,5 - 300)$
 $= -1776,26 \text{ J}$ (0,25)

$\Delta H_{3 \rightarrow 2} = n C_p \Delta T = 1,5 \frac{R}{2} (T_3 - T_2) = 1,5 \frac{8,31}{2} (157,5 - 300)$
 $= -2960,44 \text{ J}$ (0,25)

Transformation ③ → ① isobare =

$W_{3 \rightarrow 2} = - \int_{V_2}^{V_1} p \, dV = -p_1 (V_1 - V_2) = -2 (12,3 - 6,46)$ (0,25)
 $= -2 \cdot 1,013 (5,84 \cdot 10^{-3})$
 $= -1183,18 \text{ J}$ (0,25)

$\Delta U_{3 \rightarrow 1} = n C_V \Delta T = n C_V (T_1 - T_3) = 1,3 \frac{R}{2} (T_1 - T_3) = 1,3 \frac{8,31}{2} (142,4 - 300)$
 $= 1775,01 \text{ J}$ (0,25)

$\Delta H_{1 \rightarrow 3} = n C_p \Delta T = n C_p (T_1 - T_3) = 1,5 \frac{R}{2} (T_1 - T_3) = 1,5 \frac{8,31}{2} (142,4 - 300)$
 $= 2958,36 \text{ J}$ (0,25)

$Q = \Delta U - W = 2958,19 \text{ J}$ (0,25)

~~exercice~~ Le cycle =

$\Delta U_{\text{cycle}} = 0$ (0,25)

$\Delta H_{\text{cycle}} = 0$ (0,25)

$W_{\text{cycle}} = W_{1 \rightarrow 2} + W_{2 \rightarrow 1} + W_{3 \rightarrow 2} = -1776,26 + (-1183,18) + 4012,32 = 1052,9 \text{ J}$ (0,25)

$Q_{\text{cycle}} = -W_{\text{cycle}} = -1052,9 \text{ J}$ (0,25)

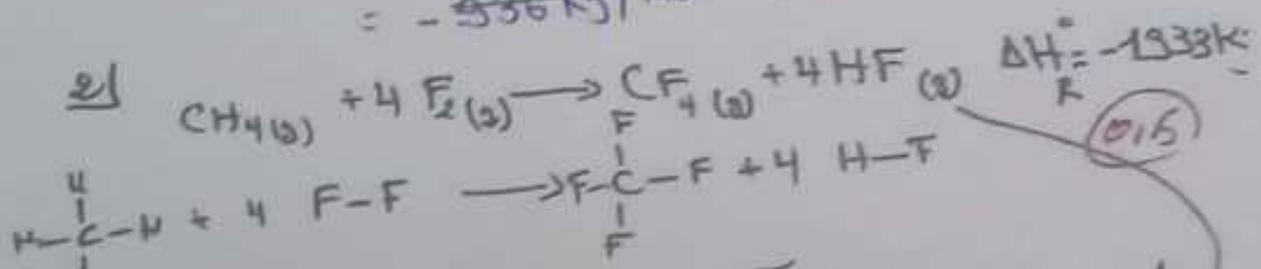
Exo n° 03 4pts

1) $\Delta H_f^\circ(C_4H_6) = ??$

Loi de Hess : $\Delta H_R^\circ = \sum_i \Delta H_f^\circ(\text{produit}) - \sum_j \Delta H_f^\circ(\text{réactif})$

$$\Delta H_R^\circ = 4 \Delta H_f^\circ(CO_2) + 3 \Delta H_f^\circ(H_2O) - \Delta H_f^\circ(C_4H_6) - \frac{7}{2} \Delta H_f^\circ(O_2) = 0$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ(C_4H_6) &= 4 \Delta H_f^\circ(CO_2) + 3 \Delta H_f^\circ(H_2O) - \Delta H_R^\circ \\ &= 4(-393) + 3(-284) - (-1488) \\ &= -1820 \text{ kJ/mol} \\ &= -536 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$



$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_{\text{liaison de produit}} - \sum \Delta H_{\text{liaison de réactif}}$

$$\Delta H_R^\circ = (4 \Delta H_{C-F} + 4 \Delta H_{H-F}) - (4 \Delta H_{C-H} + 4 \Delta H_{F-F})$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{C-F} &= \frac{\Delta H_R^\circ - 4 \Delta H_{H-F} - 4 \Delta H_{C-H} + 4 \Delta H_{F-F}}{4} \\ &= \frac{-1933 - 4(-562,6) + 4(-412,6) + 4(-153)}{4} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{C-F} = -483,75 \text{ kJ/mol}$$