

## Examen de rattrapage de Chimie 2

Exercice 01 (08,5 points)

On fait subir à une mole d'un gaz parfait, le cycle de Carnot qui se compose de quatre transformations suivantes :

- Deux transformations isothermes réversibles : AB (compression) et CD (détente) au contact des sources froide à 278°C ( $T_A = T_B = T_1 = 551\text{K}$ ) et chaude à 727°C ( $T_C = T_D = T_2 = 1000\text{K}$ ).
- Deux transformations adiabatiques réversibles : BC (compression) et DA (détente).

**Données :**  $P_A = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,  $3V_B = 2V_A$ ,  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$  et  $\gamma = 1,4$ .

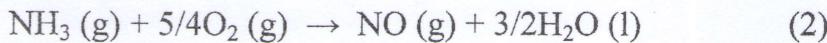
- 1) Calculer les grandeurs P et V des quatre états A, B, C et D du cycle.
- 2) Calculer (en Joule) Q, W et  $\Delta U$  des quatre transformations.
- 3) Vérifier le principe d'équivalence.
- 4) Calculer le rendement de ce cycle sachant que :  $\rho = -W_{\text{cycle}} / Q_{\text{reçue}}$

Exercice 02 (6,5 points)

Soit la réaction (1) de formation de l'ammoniac gazeux  $\text{NH}_3(\text{g})$  à  $T_1 = 25^\circ\text{C}$  et  $P = \text{constante}$ .



- 1) Calculer l'enthalpie de formation de  $\text{NH}_3$  gazeux. On donne les énergies de formation de liaisons :  $E_{\text{N}\equiv\text{N}} = -940,5 \text{ kJ/mol}$ ,  $E_{\text{H-H}} = -432,2 \text{ kJ/mol}$  et  $E_{\text{N-H}} = -388,2 \text{ kJ/mol}$ .
- 2) La réaction de combustion d'une mole de  $\text{NH}_3$  à  $T = 25^\circ\text{C}$  est accompagnée par un dégagement de chaleur qui est égale à 1226,4 kJ suivant la réaction (2) :



- a) Calculer l'enthalpie de formation de  $\text{NO}(\text{g})$  à  $T_1 = 25^\circ\text{C}$ .
- b) Calculer la chaleur de combustion de la réaction (2) à  $T_2 = 125^\circ\text{C}$ .

**Données :**  $C_p(\text{NH}_3)_g = 35,1 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;  $C_p(\text{NO})_g = 37,85 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;  
 $C_p(\text{H}_2\text{O})_l = 75,3 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;  $C_p(\text{O}_2)_g = 29,4 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;  $C_p(\text{H}_2\text{O})_g = 33,6 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;  
 $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O})_{\text{liq}} = -285,5 \text{ kJ/mol}$  ;  $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O})_{\text{gaz}} = -241,8 \text{ kJ/mol}$ .

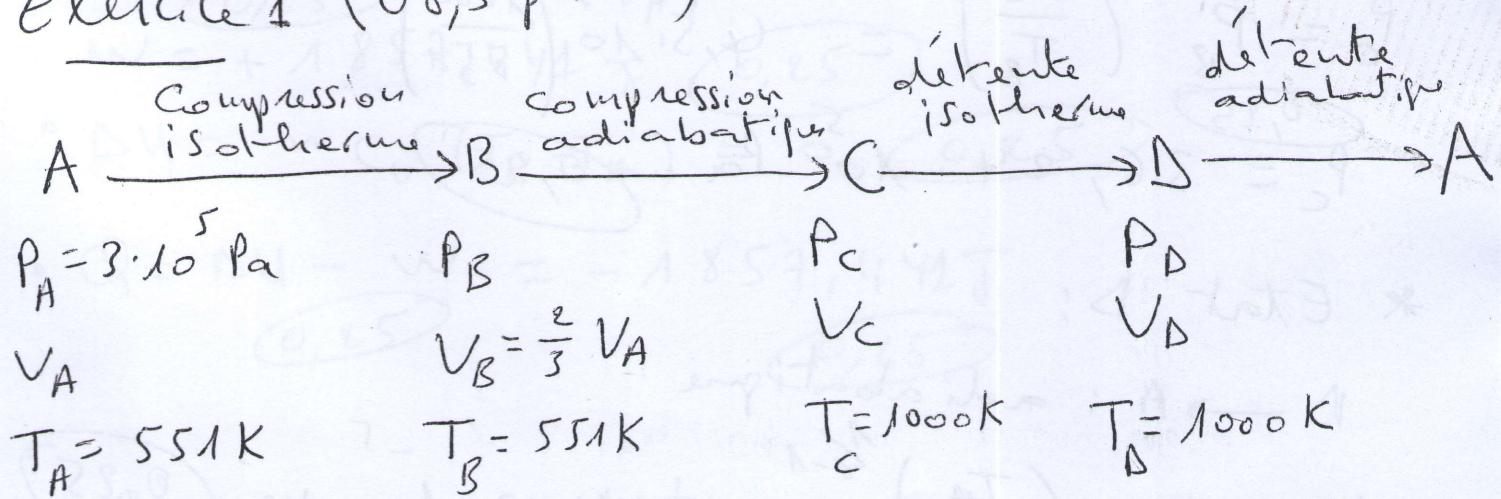
Exercice 03 (05 points)

Calculer la variation d'entropie lorsqu'une mole d'iode solide à la température  $T_1 = 25^\circ\text{C}$ , se vaporise à la température  $T_2 = 200^\circ\text{C}$  sous une pression de 1 atm.

**Données:**  $C_p(\text{I}_2)_s = 54,6 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;  $C_p(\text{I}_2)_l = 81,5 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;  $C_p(\text{I}_2)_g = 93,2 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;  
 $\Delta H_{\text{fus}} = 15,633 \text{ kJ/mol}$  ;  $\Delta H_{\text{vap}} = 25,498 \text{ kJ/mol}$  ; Température de fusion de  $\text{I}_2(\text{s})$  est  $T_{\text{fus}} = 113,6^\circ\text{C}$  ;  
température de vaporisation de  $\text{I}_2(\text{l})$  est  $T_{\text{vap}} = 184^\circ\text{C}$ .

Corrigé de l'examen de  
rattrapage de chimie 2

Exercice 1 (08,5 points)



1) Calcul des grandeurs  $P, V$  des 4 états :

\* Etat A :

$$V_A = \frac{nRT_A}{P_A} = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot 551}{3 \cdot 10^5} = 1527 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

\* Etat B :

$$V_B = \frac{2}{3} V_A = \frac{2}{3} \times 1527 \cdot 10^{-5} = 1018 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$A \rightarrow B : \text{isotherme} \quad P_A V_A = P_B V_B = P_B \left( \frac{2}{3} V_A \right)$$

$$P_B = \frac{3}{2} P_A = \frac{3}{2} \cdot 3 \cdot 10^5 = 4,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

\* Etat C :

$$B \rightarrow C : \text{adiabatique} \quad \left\{ \begin{array}{l} T_B V_B^{\gamma-1} = T_C V_C^{\gamma-1} \\ P_B^{1-\gamma} T_B^\gamma = P_C^{1-\gamma} T_C^\gamma \end{array} \right.$$

$$V_C = V_B \left( \frac{T_B}{T_C} \right)^{\frac{1}{k-1}} = 1018 \cdot 10^{-5} \left( \frac{551}{1000} \right)^{\frac{1}{1,4-1}}$$

$$V_C = 229,42 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \quad (0,25)$$

$$P_C = P_B \left( \frac{T_C}{T_B} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 4,5 \cdot 10^5 \left( \frac{1000}{551} \right)^{\frac{1,4}{1,4-1}}$$

$$P_C = 36,24 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad (0,25)$$

\* Etat D:

D → A : adiabatique

$$V_D = V_A \left( \frac{T_A}{T_D} \right)^{\frac{1}{k-1}} = 344,13 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \quad (0,25)$$

$$P_D = P_A \left( \frac{T_D}{T_A} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 24,16 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad (0,25)$$

3) calcul de  $Q$ ,  $w$ ,  $\Delta U$  et  $\Delta H$

\* A  $\rightarrow$  B isotherme

$$\bullet w = -nRT_1 \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right) = -1 \cdot 8,314 \cdot 551 \ln\left(\frac{e}{3}\right)$$

$$w = +1857,441 \text{ J} \quad (0,25)$$

$$\bullet \Delta U = nC_V(T_B - T_A) = 0 \quad (0,25)$$

$$\bullet Q = \Delta U - w = -1857,441 \text{ J} \quad (0,25) \quad (0,25)$$

\* B  $\rightarrow$  C adiabatique

$$\bullet Q = 0 \quad (0,25)$$

$$\bullet \Delta U = n \frac{R}{\gamma-1} (T_C - T_B) = \frac{1 \cdot 8,314 (1000 - 551)}{1,4 - 1}$$

$$\Delta U = 9332,465 \text{ J} \quad (0,25)$$

$$\bullet w = \Delta U - Q = 9332,465 \text{ J} \quad (0,25)$$

\* C  $\rightarrow$  D isotherme

$$\bullet w = -nRT_2 \ln\left(\frac{V_D}{V_C}\right) = -1 \cdot 8,314 \cdot 1000 \ln\left(\frac{344,17 \cdot 10^{-3}}{229,42 \cdot 10^{-3}}\right)$$

$$w = -3371,037 \text{ J} \quad (0,25)$$

$$\bullet \Delta U = 0 \quad (0,25)$$

$$\bullet Q = \Delta U - w = +3371,037 \text{ J} \quad (0,25)$$

\* D → A adiabatique

- $\dot{Q} = 0$  (0,25)
- $\Delta U = \frac{nR}{\gamma-1} (T_A - T_D) = \frac{1 \cdot 8,314}{1,4-1} (551 - 1000)$
- $\Delta U = - 9332,465 \text{ J}$  (0,25)
- $W = \Delta U - \dot{Q} = - 9332,465 \text{ J}$  (0,25)

4) Principe d'équivalence

$$\bullet W_{\text{cycle}} = \sum_{0,25} W = +1857,441 + 9332,465 - 3371,037 - 9332,465 = -1513,596 \text{ J}$$

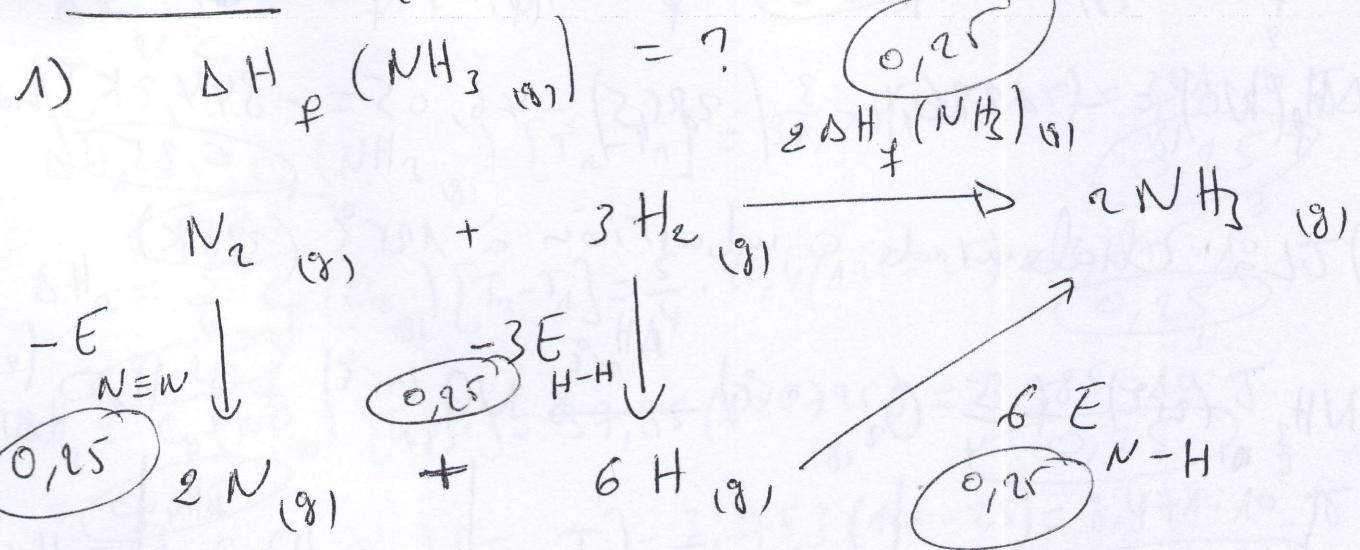
$$\bullet Q_{\text{cycle}} = \sum_{0,25} \dot{Q} = -1857,441 + 0 + 3371,037 + 0$$

$$Q_{\text{cycle}} = +1513,596 \text{ J}$$

$\Rightarrow Q_{\text{cycle}} = - W_{\text{cycle}}$  le principe est vérifié.

5) Rendement du cycle

$$\eta = \frac{-W_{\text{cycle}}}{Q_{\text{cycle}}} = \frac{-W_{\text{cycle}}}{Q_{CD}} = \frac{1513,596}{3371,037} = 0,449 (44,90\%)$$

Exercise 2 (06,5 points)

$$\sum \Delta H_i^\circ = 0$$

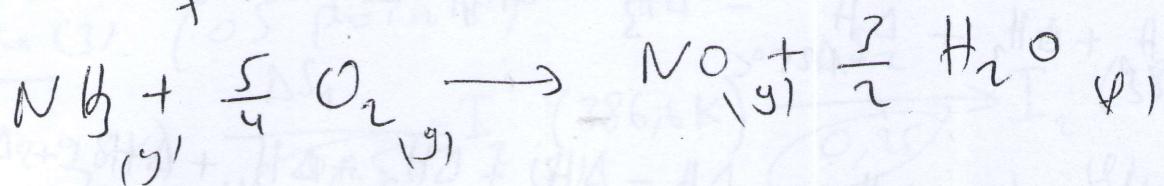
$$-E_{N \equiv N} - 3E_{H-H} + 6E_{N-H} - 2\Delta H_f^\circ (\text{NH}_3) = 0 \quad 0,25$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{NH}_3) = \frac{-E_{N \equiv N} - 3E_{H-H} + 6E_{N-H}}{2}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{NH}_3) = \frac{940,5 + 3 \cdot 432,2 - 6 \cdot 388,2}{2}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{NH}_3) = -46,05 \text{ kJ/mol} \quad 0,25$$

2-a)  $\Delta H_f^\circ (\text{NO}) \approx 25^\circ \text{C} (298 \text{ K})$



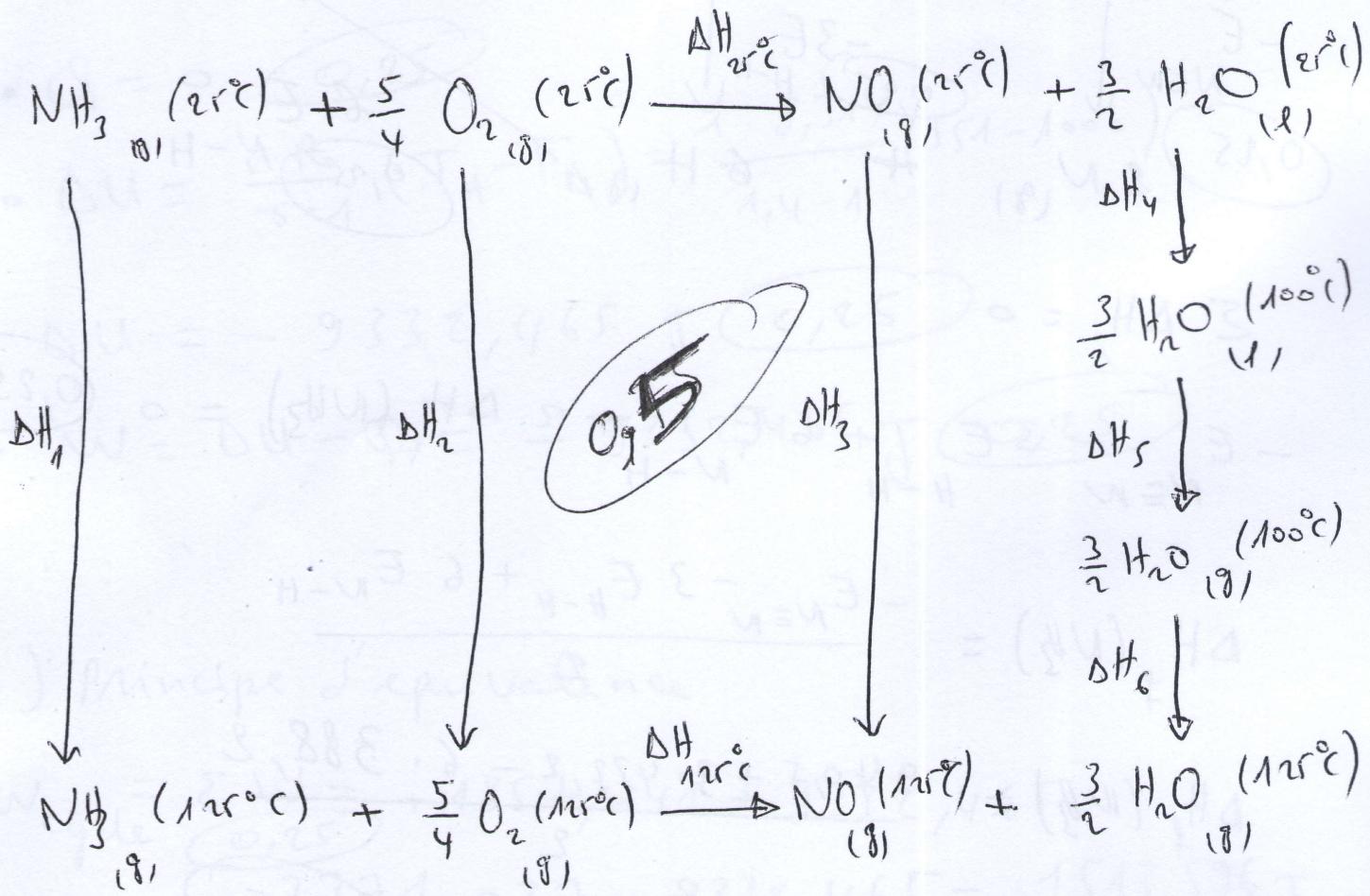
$$\Delta H_R^\circ = \left[ \Delta H_f^\circ (\text{NO})_{\text{g}} + \frac{3}{2} \Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O})_{\text{g}} \right] - \left[ \Delta H_f^\circ (\text{NH}_3)_{\text{g}} + \frac{5}{4} \Delta H_f^\circ (\text{O}_2)_{\text{g}} \right]$$

$$\Delta H_f^{\circ}(NO)_{(g)} = \Delta H_p - \frac{3}{2} \Delta H_f^{\circ}(H_2O)_{(l)} + \Delta H_f^{\circ}(NH_3)_{(g)}$$

$$\Delta H_f^{\circ}(NO)_{(g)} = -1226,4 - \frac{3}{2}(-285,5) - 46,05 = -844,2 \text{ KJ/mol}$$

0,25

b) La chaleur de combustion à 125°C (398K)



$$\sum \Delta H_i = 0$$

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_{125^\circ C} - \Delta H_3 - \Delta H_4 - \Delta H_5 - \Delta H_6 = 0$$

$$\Delta H_{125^\circ C} = \Delta H_{125^\circ C} - \Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5 + \Delta H_6$$

0,25

$$\Delta H_{125^{\circ}C} = -1226,4 \text{ kJ}$$

0,25

$$\Delta H_1 = c_p(NH_3) [T_2 - T_1] = 35,1 (125 - 25) = 3,51 \cdot 10^3 \text{ J}$$

0,25

$$\Delta H_2 = \frac{5}{4} c_p(O_2) [T_2 - T_1] = \frac{5}{4} \cdot 29,4 (125 - 25) = 3,675 \cdot 10^3 \text{ J}$$

0,25

$$\Delta H_3 = c_p(NO) [T_2 - T_1] = 37,85 (125 - 25) = 3,785 \cdot 10^3 \text{ J}$$

0,25

$$\Delta H_4 = \frac{3}{2} c_p(H_2O) [T_2 - T_1] = \frac{3}{2} \cdot 75,3 (100 - 25) = 8,475 \cdot 10^3 \text{ J}$$

0,25

$$\Delta H_5 = \frac{3}{2} \Delta H_f(H_2O) = \frac{3}{2} [\Delta H_f(H_2O)_{(g)} - \Delta H_f(H_2O)_{(l)}] = \frac{3}{2} (-241,8 + 285,5)$$

0,25

$$\Delta H_5 = 65,55 \text{ kJ}$$

0,25

$$\Delta H_6 = \frac{3}{2} c_p(H_2O) [T_2 - T_{vap}] = \frac{3}{2} \cdot 33,6 (125 - 100) = 1,26 \cdot 10^3 \text{ J}$$

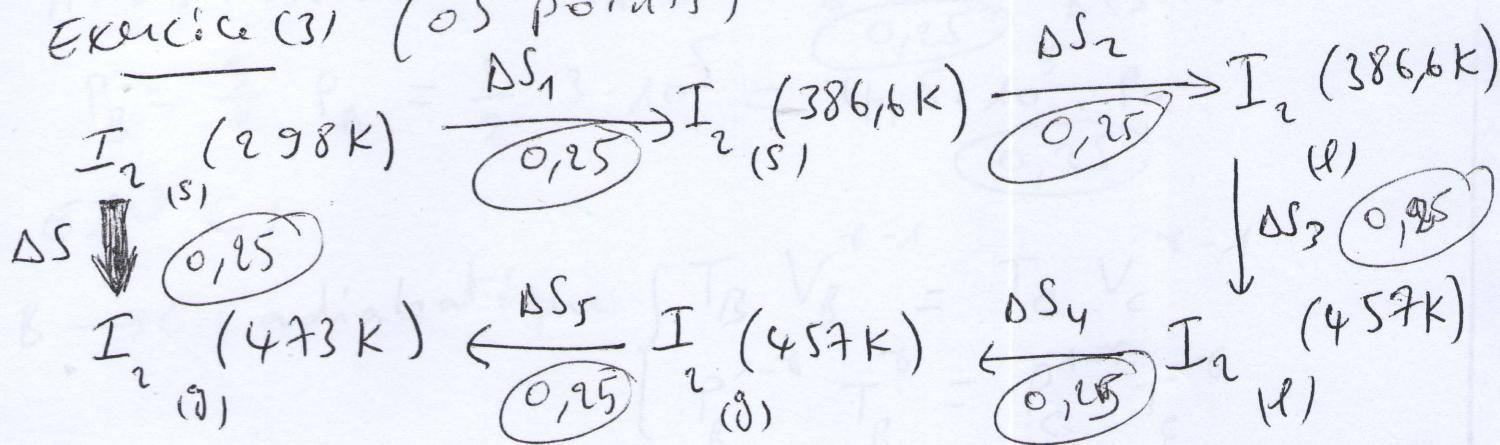
0,25

$$\Delta H_{125^{\circ}C} = -1226,4 + 3,51 + 3,675 + 3,785 + 8,475 + 65,55 + 1,26$$

$$\Delta H_{125^{\circ}C} = -1140,15 \text{ kJ}$$

0,25

Exercise (3) (05 points)



$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5 \quad (0,5)$$

$$\Delta S_1 = n C_p (I_2)_{(S)} \ln \left( \frac{T_{\text{fus}}}{T_1} \right) = 54,6 \ln \left( \frac{386,6}{298} \right) = 14,21 \text{ J/K} \quad (0,25)$$

$$\Delta S_2 = n \frac{\Delta H_{\text{fus}}}{T_{\text{fus}}} = \frac{15633}{386,6} = 40,44 \text{ J/K} \quad (0,25)$$

$$\Delta S_3 = n C_p (I_2)_{(U)} \ln \left( \frac{T_{\text{vap}}}{T_{\text{fus}}} \right) = 81,5 \ln \left( \frac{457}{386,6} \right) = 13,63 \text{ J/K} \quad (0,25)$$

$$\Delta S_4 = n \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{T_{\text{vap}}} = \frac{25498}{457} = 55,79 \text{ J/K} \quad (0,25)$$

$$\Delta S_5 = n C_p (I_2)_{(g)} \ln \left( \frac{T_2}{T_{\text{vap}}} \right) = 93,2 \ln \left( \frac{473}{457} \right) = 3,21 \text{ J/K} \quad (0,25)$$

$$\Delta S = 14,21 + 40,44 + 13,63 + 55,79 + 3,21$$

$$\Delta S = 127,28 \text{ J/K} \quad (0,5)$$