Prosessteknikk – Øving 6

Oppgave 1: a) $T_0 = 25°C = 298{,}15\,K$

$T = 100°C = 373{,}15\,K$

fra SI: $\Delta_{sub}H = 50\,kJ/mol$, $\Delta_{fus}H = 6{,}0\,kJ/mol$ } $\Delta_{vap}H = \Delta_{sub}H - \Delta_{fus}H = 44\,kJ/mol$ (25°C)

$C_p(l) = 75\,J/(mol \cdot K)$

$C_p(g) = 34\,J/(mol \cdot K)$

$$\Delta H_{vap}(100°C) = \Delta_{vap}H(25°C) + (C_p(l) - C_p(g))(T_0 - T)$$
$$= 44\,kJ/mol + ((75-34)\,J/(K \cdot mol))(298{,}15\,K - 373{,}15\,K)$$
$$\approx \underline{40{,}9\,kJ/mol}$$

---

b) Lukket system, $H_2O(g) \rightarrow H_2O(l)$ $T = 100°C = 373{,}15\,K$

Isoterm: $\Delta T = 0$ $\Delta H = -\Delta H_{vap}(100°C)$ $p_0 = 1\,bar = 10^5\,Pa$

1. lov: $U = q + W$

$= q - p\Delta V \Rightarrow q = \Delta U + p\Delta V = \Delta H$

Volumendringen er gitt ved $\Delta V = V_l - V_g$

$$V_l = \frac{M_m}{\rho} \cdot n, \quad V_g = \frac{nRT}{p} \Rightarrow \Delta V = n\left(\frac{M_m}{\rho} - \frac{RT}{p}\right)$$

$$= 1\,mol\left(\frac{18{,}016\,g/mol}{10^6\,g/m^3} - \frac{8{,}314\,J/(K \cdot mol) \cdot 373{,}15\,K}{10^5\,Pa}\right)$$

$\underline{q = -\Delta H_{vap}(100°C) = -40{,}9\,kJ}$

$\underline{(\Delta H = -40{,}9\,kJ)}$

$\underline{\Delta V = -0{,}031\,m^3}$

$\Delta U = q + W$

$\Delta U = -40{,}9\,kJ + 3{,}1\,kJ$

$W = -p\Delta V = -10^5\,Pa \cdot (-0{,}031\,m^3)$

$\underline{W = 3{,}1\,kJ}$

$\underline{\Delta U = -37{,}8\,kJ}$

Oppgave 2:

a) Vi antar konstant C_p, hvilket ikke er tilfellet ettersom C_p varierer med T. Videre er oppgitt C_p for T = 298 K og dette stemmer ikke med temperaturene vi skal jobbe med. Modellen blir dårligere ved høyere T, dette er en dårlig antakelse

b) Det blir ganske lik fremgangsmåte som i a)

$$\Delta_{rx}H(1273{,}15K) = \Delta_{rx}H(T^\circ) + \Delta_{rx}C_p\,(T - T_0)$$

$$\Delta_{rx}C_p = \sum C_{p\,produkt} - \sum C_{p\,reaktant}$$

$$= ((37+29) - (29+34))\,J/(mol\cdot K)$$

$$= 3\,J/(mol\cdot K)$$

$$\Delta_{rx}H(1273{,}15K) = -40\,kJ/mol + 3(1273{,}15K - 373K)\,kJ/mol$$

$$\underline{\Delta_{rx}H(1273{,}15K) = -37{,}3\,kJ/mol}$$

c) <u>Ja, $\Delta H < 0 \Rightarrow$ eksoterm rx</u>

Oppgave 3:

a) Vann koker ved $100°C = 373,15K$ => ved høyere temperaturer vil vannet være fordampet/gass.

b) Vi antar at c_p er konstant, og at den er lik c_p fra SI (for 25°C)

c) $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow H_2O\,(g)$

95% av rx-varme til omgivelser
$x_{O_2} = 0,21$
$x_{N_2} = 0,78$
$x_{Ar} = 0,01$
$p = 1\ bar = 10^5\ Pa$

Finner totalt antall mol gass [illegible] skal vanligvis S

1 mol H_2 <=> 0,5 mol O_2

Totalt antall mol luft: $L = \frac{n_{O_2}}{x_{O_2}} = \frac{0,5\,mol}{0,21} = 2,38\,mol$

$n(N_2) = 0,78 \cdot 2,38\ mol = 1,857\ mol$
$n(Ar) = 0,01 \cdot 2,38\ mol = 0,0238\ mol$
$n(O_2) = 0,5\ mol$
$n(H_2) = 1\ mol$
$n_{tot} = 3,38\ mol$

Henter c_p fra SI:

stoff	c_p J/(mol·K)	
Ar	20,77	(fant ikke i SI fra nettb)
$H_2O(g)$	34	
H_2	29	
N_2	29	
O_2	29	

Beregner entalpiendringen ved oppvarming av reaktantene før rx:

$\Delta H^0_{varme} = (n_{N_2} \cdot c_{pN_2} + n_{Ar} \cdot c_{pAr} + n_{O_2} \cdot c_{pO_2} + n_{H_2} \cdot c_{pH_2})(T - T_0)$

$= (1,857 \cdot 29 + 0,0238 \cdot 20,77 + 0,5 \cdot 29 + 1 \cdot 29)(T - 298,15K)$
$= 97,85\,(T - 298,15K)$ (Enheter falt ut her)

Beregner for etter rx: O_2 og H_2 er oppbrukt, like mye Ar og $N_2 (+ H_2O)$

$\Delta H^t_{varme} = (1,857 \cdot 29 + 0,0238 \cdot 20,77 + 1 \cdot 34)(T - T_0)$
$88,35\,(T - T_0)$

Finner c_p for rx

$\Rightarrow \Delta_{rx} c_p = 88,35 - 97,85\ J/(K \cdot mol) = -9,5\ J/(K \cdot mol)$

Entalpiendring for T:

$$\Delta_{rx}H(T) = \Delta_{rx}H(25°C) + \int_{T_0}^{T} \Delta_{rx}C_p\, dT$$

$\Delta_{rx}H(25°C) = -242\ kJ/mol$

$$= \Delta_{rx}H(25°C) + \Delta_{rx}C_p(T - T_0)$$

$$= -242\ kJ/mol - 9{,}5\ J/(K \cdot mol)(T - T_0)$$

$$\Delta_{rx}H(T) = -9{,}5\ J/(K \cdot mol) \cdot T - 239\ kJ/mol$$

Total entalpiendring for rx:

$$\Delta_{rx}H = \Delta_{rx}H(T) + \Delta H^\circ_{varme}$$

Energibalansen gir

$\Delta H = Q$

Oppgitt at

$Q = 0{,}95\,\Delta_{rx}H(T)$

$$0{,}95\,\Delta_{rx}H(T) = \Delta_{rx}H(T) + \Delta H^\circ_{varme}$$

$$\Delta H^\circ_{varme} = -0{,}05\,\Delta_{rx}H(T) \qquad \Rightarrow \Delta_{rx}H = 0{,}95\,\Delta_{rx}H(T)$$

$$97{,}85\ J/K\,(T - 298{,}15\ K) = -0{,}05\,(-9{,}5\ J/(K \cdot mol) \cdot T - 239\ kJ/mol)$$

$$97{,}85\ J/K\ T - 0{,}475\ T = 11{,}95\ kJ + 29{,}17\ kJ$$

$$T = \frac{41120}{97{,}373} = 422\ K$$

T = 422 K i brennkammeret