Øving 10 - Erlend Sørlie

1) a) $\Delta H^\circ = \Sigma \Delta H(\text{prod}) - \Sigma \Delta H(\text{reakt})$

$\Delta H^\circ = \Delta H_{(Si_3N_4)} - (\Delta H_{(Si(s))} + \Delta H_{(N_2(g))})$

$\Delta H^\circ = (-743 - (2 \cdot 0 + 3 \cdot 0)) \text{ kJ/mol} = -743 \text{ kJ/mol}$

<u>Eksoterm, $\Delta H^\circ < 0$</u> $\quad$ * resten under

b) $q = C_p \cdot \Delta T = 100 \text{ J/(K·mol)} \cdot (-1375 \text{ K}) = \underline{-137{,}5 \text{ kJ/mol}}$

$\Delta S = C_p \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} = 100 \text{ J/(K·mol)} \cdot \ln \frac{1673 \text{ K}}{298 \text{ K}} = 172{,}5 \text{ kJ}$

$T_1 = 298 \text{ K}$

$T_2 = 1673 \text{ K}$

$\underline{\underline{q = -137{,}5 \text{ kJ}, \ \Delta S = 172{,}5 \text{ kJ}}}$

c) $n(Si_3N_4) = \frac{m(Si_3N_4)}{M_m(Si_3N_4)} = \frac{1000 \text{ g}}{140{,}3 \text{ g/mol}} = 7{,}127 \text{ mol}$

$n(N_2) = 2 \cdot n(Si_3N_4) = 14{,}254 \text{ mol}$

$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p} = \frac{14{,}254 \text{ mol} \cdot 8{,}314 \text{ J/(mol·K)} \cdot 298 \text{ K}}{10^6 \text{ Pa}} \text{ m}^3 = 0{,}036 \text{ m}^3$

$p = 10 \text{ bar} = 10^6 \text{ Pa}$

$\underline{\underline{V = 0{,}036 \text{ m}^3}}$

a)* $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q = \Delta G^\circ + RT \ln K = \Delta G^\circ$

$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$

$= 743 \text{ kJ/mol} - 1673 \text{ K} \cdot \Delta S$

$\Delta S^\circ = (101 - (3 \cdot 19 + 2 \cdot 192)) = -340 \text{ J/K·mol}$

$\Delta G^\circ = -743 \text{ kJ/mol} - 1673 \text{ K} \cdot (-340) \text{ J/K·mol}$

$= \underline{-174 \text{ kJ/mol}}$

$\Rightarrow \Delta G = -174 \text{ kJ/mol} < 0$

$\Rightarrow$ <u>den er fortsatt sponten</u>

2 Vi har formelen $\Delta G^\circ = -RT \ln K \Rightarrow K = e^{-\Delta G^\circ/RT}$

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{e^{-\Delta G_2^\circ/RT_2}}{e^{-\Delta G_1^\circ/RT_1}} = e^{-\Delta G_2^\circ/RT_2 - (-\Delta G_1^\circ/RT_1)}$$

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-\Delta G_2^\circ}{RT_2} + \frac{\Delta G_1^\circ}{RT_1} = -\frac{\Delta H^\circ}{RT_2} + \cancel{\frac{\Delta S^\circ}{R}} + \frac{\Delta H^\circ}{RT_1} - \cancel{\frac{\Delta S^\circ}{R}}$$

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^\circ}{RT_2} + \frac{\Delta H^\circ}{RT_1} = -\frac{\Delta H^\circ}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

$$\underline{\underline{\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^\circ}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)}}$$

3 $K = \frac{a_{Na_2CO_3} \cdot a_{H_2O} \cdot a_{CO_2}}{a_{NaHCO_3}{}^2} = a_{H_2O} \cdot a_{CO_2} = 0{,}231$

a_i for solids = 1

$$\frac{p_{H_2O}}{p_{ref}} \cdot \frac{p_{CO_2}}{p_{ref}} = 0{,}231\, p_{ref}{}^2$$

Siden $n(H_2O) = n(CO_2)$

$\Rightarrow p(H_2O)\ p(CO_2) =$

$$p^2 = 0{,}231\, p_{ref}{}^2$$

$$p = 0{,}481 \cdot p_{ref}$$

$p < p_{ref} \Rightarrow$ Trykket av gassene inne i kaken er mindre enn utsiden $\Rightarrow$ kaken hever ikke.

	$2\ NaHCO_3(s) \rightleftharpoons$	$Na_2CO_3(s) +$	$H_2O(g) +$	$CO_2(g)$
(kJ/mol) H°	$2 \cdot -951$	-1131	-242	-394

$\Rightarrow \underline{\Delta H^\circ = 135\ kJ/mol} \Rightarrow$ endoterm rx

Steketemperatur > 100 °C anbefales fordi at ved 100 °C er ikke gasstrykket dannet av bakepulver høyt nok til at kaken heves. Siden reaksjonen er endoterm, vil vi få økt gassdannelse ved å øke temperaturen (gass er produkter), dette vil øke gasstrykket inni kaken og ved stor nok økning vil kaken heve.

4 fra SI for CH_3Cl er: $\Delta H_f^\circ = -82\ kJ/mol$

$S^\circ = 235\ J/(K \cdot mol)$

$\Delta_{vap} H = 22\ kJ/mol$

$t_b = -24{,}2\ ^\circ C = 248{,}8\ K$

Fra (l) til (g):

$\Delta H_{rx} = \Delta H_{vap}\ x = \Delta H_f^\circ(gass) - \Delta H_f^\circ(væske)$

$\Rightarrow \Delta H_f^\circ(væske) = \Delta H_f^\circ(gass) - \Delta H_{vap} = (-82 - 22)\ kJ/mol = -104\ kJ/mol$

For faseoverganger er $\Delta S = \frac{-\Delta_{vap}H}{t_b} = \frac{22 \cdot 10^3\ J/mol}{248{,}8\ K} = 88{,}4\ J/(mol \cdot K)$

$S^\circ_{væske} = S^\circ_{gass} - \Delta S = (235 - 88{,}4)\ J/(mol \cdot K) = 147\ J/(mol \cdot K)$

$H_f^\circ = -104\ kJ/mol \quad S^\circ = 147\ J/(K \cdot mol)$

5) a) $W = -p_{ekst} \cdot \Delta V$

$q = -W = p_{ekst} \cdot \Delta V$

$W = -p_{ekst} \cdot \Delta V, \ q = p_{ekst} \cdot \Delta V$

b) $W_{D \to A} = W_{D \to B} + W_{B \to A} = 0 + (-p_A \Delta V) = -p_A(V_A - V_B)$

$q_{D \to A} = p_A(V_A - V_B)$ $V_B > V_A \Rightarrow$ Varme forlater systemet

$W = -p_A(V_A - V_B)$

c) $q_{D \to A} = q_{A \to C} + q_{C \to D} + q_{D \to B} + q_{B \to A} = 0 + p_C(V_D - V_C) + 0 + p_A(V_A - V_B)$

$|V_D - V_C| = |V_A - V_D|$ og $p_A > p_C \Rightarrow |p_C(V_D - V_C) + p_A(V_A - V_B)| < 0$

$\Rightarrow$ Varme tilført systemet er $< 0 \Rightarrow$ Varme tilført omgivelsene > 0

$\Rightarrow \Delta S_{omg} = -\frac{\Delta H_{omg}}{T} = \frac{q_{omg}}{T} > 0, \ q_{omg} = -q_{system}$

$\Rightarrow \Delta S_{omg} = -\frac{p_C(V_D - V_B) + p_A(V_A - V_B)}{T}$

Boltzmanns $\Delta S_{system} = k_b \ln \frac{W_2}{W_1}$ alle makrotilstander er like $\Rightarrow \Delta S_{system} = \ln 1 = 0$

2. lov $\Rightarrow \Delta S_{univ} = \Delta S_{omg} + \Delta S_{system} = \Delta S_{omg}$ $(\Delta S_{system} = 0)$

$\Rightarrow \Delta S_{univ} = \Delta S_{omg} > 0$ (irreversibel prosess)

$\Delta S_{system} = 0$

d) reversibel prosess $\Rightarrow q_{rev} = 0 \Rightarrow \Delta S = \frac{-q_{rev}}{T} = \frac{0}{T} = 0, \ \Delta S = 0$

6 $14 = pOH + pH$

$10^{-14} = [H^+][OH^-] = K_w$ ved 298K

$H_2O(l) \rightleftarrows H^+(aq) + OH^-(aq)$ $\Delta H = 56\ kJ/mol$

ved å tilføre varme forskyves likevekten mot høyre.

Vi bruker formel fra 2: (Vi definerer Q som K_w for 70°C = 343K)

$$\ln \frac{Q}{K_w} = -\frac{\Delta H}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

$$= -\frac{56\ kJ/mol}{8{,}314\ J/kmol}\left(\frac{1}{343K} - \frac{1}{298K}\right) = 2{,}965$$

$$\frac{Q}{K_w} = e^{2{,}965}$$

$$Q = e^{2{,}965} \cdot 10^{-14} = 1{,}94 \cdot 10^{-13}$$

$$[H^+] = \sqrt{Q} \Rightarrow pH = -\log\sqrt{Q} = 6{,}35$$

$$K_w = [OH^-] \cdot [H^+] \Rightarrow -\log K_w = pOH + pH$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{12{,}7 = pOH + pH\ ,\ pH(70°C) = 6{,}35}}$$

7 a) (5) $Na^+ + e^- \rightarrow Na(s)$ $E° = -2{,}71\ V, n=1$

(6) $Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca(s)$ $E° = -2{,}87\ V,\ n=2$

(7) $Cu^{2+} + e^- \rightarrow Cu^+$ $E° = 0{,}16\ V,\ n=1$

(8) $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ $E° = 0, n=2$

(9) $O_2(g) + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ $E° = 0{,}40\ V, n=4$

(10) $MnO_2(s) + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$ $E° = 1{,}23\ V, n=2$

b) $E°_{H_2}$ er størst => reduksjon

$2Na(s) + 2H^+ \rightarrow H_2(g) + 2Na^+$ $E°_{celle} = 0-(-2{,}71\ V) = 2{,}71V$

(Antar at det er standard cellepotensial oppgaven ber om siden vi mangler konsentrasjonene.) (Antar vi Q=1 er uansett $E°_{celle} = E_{celle}$)

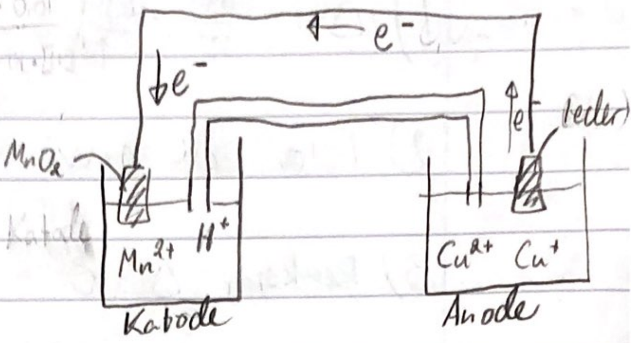
i) $\underline{E°_{celle} = 2{,}71\ V}$

$E°_{MnO_2(s)}$ er størst, det reduseres

$MnO_2 + 4H^+ + 2Cu^+ \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O + 2Cu^{2+}$ $E°_{celle} = (1{,}23 - 0{,}16)\ V$

$\underline{\underline{E°_{celle} = 1{,}07V}}$

7 c) $E_{celle} = E^\circ_{celle} - \frac{RT}{nF} \cdot \ln Q$



$[H^+] = \sqrt{K_w} = 10^{-7}$

$$Q = \frac{0{,}1^2 \cdot 0{,}01}{0{,}01^2 (10^{-7})^4} = 10^{28}$$

$$E_{celle} = 1{,}07\,V - \frac{R \cdot 298K}{2\,mol \cdot F} \cdot \ln 10^{28} = 0{,}242\,V = \underline{0{,}242\,mV}$$

(Tar kritikk på anoden er på høyre side istedet for venstre, skissen skulle vært speilet)

$\underline{\underline{E_{celle} = 0{,}292\,mV}}$

8 a) Det er $F_2(g)$ ettersom $E^\circ(F_2)$ er størst

b) $F_2(g)$ og $H_2O_2(aq)$, de har $E^\circ > E^\circ(PbO_2)$

c) ingen av dem, de har alle $E^\circ < E^\circ(F_2)$