

Opgavesæt 4  
**3.b kemi A**

Kevin Zhou

28. november 2024

**Note:**

Databog fysik kemi (2007) er benyttet ved beregningerne.

**Brezel****Løsning:**

a. Reaktionsforholdet mellem  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  og  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  er 1:1. Der gælder altså

$$\begin{aligned} c(\text{NaCO}_3) &= \frac{n(\text{NaCO}_3)}{V} \\ &= \frac{m(\text{NaCO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{V \cdot M(\text{NaCO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{54 \text{ g}}{1,0 \text{ L} \cdot 286,14 \text{ g/mol}} \\ &\approx 0,19 \text{ M} \end{aligned}$$

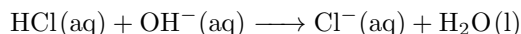
I opløsningen er altså  $c(\text{NaCO}_3) = 0,19 \text{ M}$ .

b.  $\text{CO}_3^{2-}$  er en middelstærk base med styrkekonstanten  $K_b = 2,09 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ . Siden  $c(\text{CO}_3^{2-}) = c(\text{NaCO}_3)$  og  $pH = 14,00 + \log\left(\frac{[\text{OH}^-]}{\text{M}}\right)$ , så har vi

$$\begin{aligned} K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c_b - [\text{OH}^-]} &\Rightarrow pH = 14,00 + \log\left(\frac{-K_b + \sqrt{K_b^2 - 4 \cdot (-K_b) \cdot c_b}}{2 \text{ M}}\right) \\ &\Rightarrow pH = 14,00 + \log\left(\frac{-2,09 \cdot 10^{-4} \text{ M} + \sqrt{(2,09 \cdot 10^{-4} \text{ M})^2 - 4 \cdot (-2,09 \cdot 10^{-4} \text{ M}) \cdot 0,1887 \text{ M}}}{2 \text{ M}}\right) \approx 12 \end{aligned}$$

I natriumcarbonatopløsningen er altså  $pH = 12$ .

c. Titreringsreaktionen er



Altså er reaktionsforholdet mellem syren og basen 1:1. Ved ækvivalenspunktet må  $n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl})$ . Det aflæses ved ækvivalenspunktet, at  $V(\text{HCl}) = 33,0 \text{ mL}$ . Altså må  $n(\text{NaOH})$  være

$$\begin{aligned} n(\text{NaOH}) &= n(\text{HCl}) \\ &= c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \\ &= 0,097 \text{ M} \cdot 33,0 \text{ mL} \\ &= 3,201 \text{ mmol} \end{aligned}$$

Stofmængdekonzentrationen af natriumhydroxid i bagerens opløsning må da være

$$\begin{aligned} c(\text{NaOH}) &= \frac{n(\text{NaOH})}{V} \\ &= \frac{3,201 \text{ mmol}}{5,0 \text{ mL}} \\ &\approx 0,64 \text{ M} < 1,0 \text{ M} \end{aligned}$$

Altså overholder bagerens natriumhydroxidopløsning reglerne.

**Wolfram i elektroniske komponenter****Løsning:**

a. Reaktionsbrøken for reaktionen fra venstre mod højre må være

$$\frac{p(\text{HF})^6}{p(\text{H}_2)^3 \cdot p(\text{WF}_6)}$$

Siden enheden for partialtrykkene er bar, så må reaktionsbrøken's enhed være

$$\frac{\text{bar}^6}{\text{bar}^3 \cdot \text{bar}} = \text{bar}^2$$

b. Vi beregner tilvæksten i molar standard entropi.

$$\begin{aligned}\Delta S^\circ &= (S^\circ(\text{W(s)}) + 6 \cdot S^\circ(\text{HF(g)})) - (S^\circ(\text{WF}_6(\text{g})) + 3 \cdot S^\circ(\text{H}_2(\text{g}))) \\ &= \left(32,6 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} + 6 \cdot 173,8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right) - \left(354 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} + 3 \cdot 130,68 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right) \\ &\approx 329 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} > 0\end{aligned}$$

Altså øges uordenen i reaktionen fra venstre mod højre. Det er i overensstemmelse med, at antallet af molekyler stiger i den retning, hvilket fremgår af reaktionsskemaet.

c. Vi beregner først den molare tilvækst i standardentalpi.

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ &= (H^\circ(\text{W(s)}) + 6 \cdot H^\circ(\text{HF(g)})) - (H^\circ(\text{WF}_6(\text{g})) + 3 \cdot H^\circ(\text{H}_2(\text{g}))) \\ &= (0 + 6 \cdot (-273,3 \text{ kJ/mol})) - (-1721,5 \text{ kJ/mol} + 0) \\ &= 81,7 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Fra van't Hoffs ligning har vi, at

$$\begin{aligned}K &= e^{-\frac{\Delta H^\circ}{R \cdot T} + \frac{\Delta S^\circ}{R}} \text{ bar}^2 \\ &= e^{-\frac{81,7 \cdot 10^3 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K}) \cdot 573 \text{ K}} + \frac{329,36 \text{ J/(mol} \cdot \text{K})}{8,314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K})}} \text{ bar}^2 \\ &\approx 5,71 \cdot 10^9 \text{ bar}^2\end{aligned}$$

Ved 300 °C er altså  $K = 5,71 \cdot 10^9 \text{ bar}^2$ .

d. Vi udregner reaktionsbrøken.

$$\begin{aligned}\frac{p(\text{HF})^6}{p(\text{H}_2)^3 \cdot p(\text{WF}_6)} &= \frac{(0,0011 \text{ bar})^6}{(0,0439 \text{ bar})^3 \cdot 0,0018 \text{ bar}} \\ &\approx 1,2 \cdot 10^{-11} \text{ bar}^2 < K\end{aligned}$$

Altså er ligevægten forskudt mod venstre, hvilket betyder, at reaktionen mod højre må forløbe spontant i beholderen.

## Antimon – en miljøgift i det antikke Rom

### Løsning:

a. På venstre side har Sb oxidationstallet 0, hvor det på højre side har oxidationstallet +III. Siden oxidationstallet stiger, sker der en oxidation.

På venstre side har O oxidationstallet 0, hvor det på højre side har oxidationstallet -II. Siden oxidationstallet falder, sker der en reduktion. Da reaktionen både indeholder en oxidation og en reduktion, så må reaktionen være en redoxreaktion.

b. Da reaktionsforholdet mellem  $\text{K}_2\text{Sb}_2(\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_6)_2$  og Sb er 1:2 ved opløsningen, så må der gælde, at

$$\begin{aligned}c(\text{Sb}) &= 2 \cdot c(\text{K}_2\text{Sb}_2(\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_6)_2) \\ &= 2 \cdot \frac{m(\text{K}_2\text{Sb}_2(\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_6)_2)}{M(\text{K}_2\text{Sb}_2(\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_6)_2) \cdot V} \\ &= 2 \cdot \frac{15,4 \text{ mg}}{613,83 \text{ g/mol} \cdot 500 \text{ mL}} \\ &\approx 1,00 \cdot 10^{-4} \text{ M} \\ &= 0,100 \text{ mM}\end{aligned}$$

hvilket var, hvad vi skulle vise.

c. Fra standardkurven har vi, at

$$\begin{aligned} A = 73,671 \cdot \frac{c_{\text{tm}}(\text{Sb})}{\text{mM}} + 0,001 &\iff c_{\text{tm}}(\text{Sb}) = \frac{A - 0,001}{73,671} \text{ mM} \\ &\iff c_{\text{vand}}(\text{Sb}) = \frac{10,0 \text{ mL}}{250 \text{ mL}} \cdot \frac{A - 0,001}{73,671} \text{ mM} \\ &\iff c_{\text{vand}}(\text{Sb}) = \frac{A - 0,001}{25 \cdot 73,671} \text{ mM} \end{aligned}$$

hvor  $c_{\text{tm}}(\text{Sb})$  er den formelle koncentration af antimon i trichlormethanfasen, og  $c_{\text{vand}}(\text{Sb})$  er den formelle koncentration af antimon i vandprøven. Indholdet af antimon i vandprøven må da være

$$\begin{aligned} c_{\text{vand}}(\text{Sb}) \cdot M(\text{Sb}) &= \frac{0,573 - 0,001}{25 \cdot 73,671} \text{ mM} \cdot 121,76 \text{ g/mol} \\ &\approx 0,0378 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Altså er indholdet af antimon i vandprøven 0,0378 mg/L.